

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



HERRAMIENTA PARA EL ABASTECIMIENTO
EFICIENTE DE PRODUCTOS CON TIEMPO DE
ESPERA LARGO MEDIANTE UN MONITOREO
PERIÓDICO DE VENTAS

POR

NANCY YOANA AMADOR MOLINA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

MAYO 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



HERRAMIENTA PARA EL ABASTECIMIENTO
EFICIENTE DE PRODUCTOS CON TIEMPO DE
ESPERA LARGO MEDIANTE UN MONITOREO
PERIÓDICO DE VENTAS

POR

NANCY YOANA AMADOR MOLINA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

MAYO 2018

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

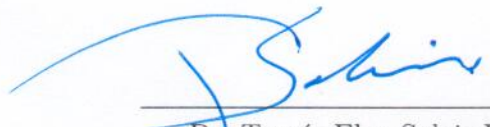
Subdirección de Estudios de Posgrado

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Herramienta para el abastecimiento eficiente de productos con tiempo de espera largo mediante un monitoreo periódico de ventas», realizada por la alumna Nancy Yoana Amador Molina, con número de matrícula 1837268, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

El Comité de Tesis


Dr. Miguel Mata Pérez

Asesor


Dr. Tomás Eloy Salais Fierro

Revisor


Mlycs. Blanca Idalia Pérez Pérez

Revisor

Vo. Bo.


Dr. Simón Martínez Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado



San Nicolás de los Garza, Nuevo León, mayo 2018

Esta tesis está dedicada a

Dios

mi familia

y mi país

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	xv
Resumen	xvi
1. Introducción	1
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Objetivo	4
1.2.1. Objetivos específicos	4
1.3. Hipótesis	4
1.4. Justificación	5
1.5. Metodología	7
1.6. Estructura de la tesis	7
2. Antecedentes	9
2.1. El mercado de las autopartes en México	10
2.2. Antecedentes de la empresa	12
2.3. Administración de inventarios	15

2.4. Clasificación de productos	16
2.4.1. Clasificación multicriterio de productos	19
2.4.2. Coeficiente de variación	24
2.5. Técnicas de control de inventarios	26
2.5.1. Cantidad económica de pedido EOQ	26
2.5.2. Revisión continua (s, S)	29
2.5.3. Revisión continua (s, Q)	30
2.5.4. Respuesta rápida (Q, r)	31
2.5.5. Revisión periódica (r, S)	31
2.6. Inventario de seguridad	35
2.6.1. Relación del inventario de seguridad con el nivel de servicio . .	37
2.6.2. Distribución normal	38
2.7. Uso de modelos matemáticos en la cadena de suministro	44
2.7.1. Problema de optimización combinatoria	46
2.8. El problema de carga de contenedor	47
2.8.1. El problema de carga de contenedor con prioridad de envío . .	49
2.9. Conclusiones del capítulo de antecedentes	51
3. Metodología	53
3.1. Fase 0: Delimitación del problema y revisión de la literatura	53
3.2. Descripción general de la metodología	54

3.3. Fase 1: Determinación de políticas	55
3.3.1. Paso 1: Clasificación multicriterio	55
3.3.2. Paso 2: Niveles de servicio	56
3.3.3. Paso 3: Política de inventarios	56
3.3.4. Paso 4: Avance de ventas	57
3.4. Fase 2: Modelación del problema	57
3.4.1. Paso 5: Consideraciones de volumen y peso	58
3.4.2. Paso 6: Diseño de herramienta para la optimización de pedidos	59
3.5. Fase 3: Experimentación y análisis	62
3.5.1. Paso 7: Experimentación	63
3.5.2. Paso 8: Análisis de resultados	63
3.6. Conclusiones del capítulo de metodología	63
4. Experimentación y análisis de resultados	64
4.1. Resultados de la fase 1: Determinación de políticas	64
4.1.1. Resultados del paso 1: Clasificación multicriterio	64
4.1.2. Resultados del paso 2: Niveles de servicio	68
4.1.3. Resultados del paso 3: Política de inventarios	70
4.1.4. Resultados del paso 4: Avance de ventas	74
4.2. Resultados de la fase 2: Modelación del problema	76
4.2.1. Resultados del paso 5: Consideraciones de volumen y peso	76

4.2.2. Resultados del paso 6: Diseño de herramienta para la optimización de pedidos	77
4.3. Resultados de la fase 3: Experimentación y análisis	80
4.3.1. Resultados del paso 7: Experimentación	80
4.3.2. Resultados del paso 8: Análisis de resultados	85
4.4. Conclusiones del capítulo de experimentación y análisis	91
4.5. Aplicación de la herramienta al caso de estudio	93
4.6. Conclusiones de la aplicación de la herramienta al caso de estudio . .	97
5. Conclusiones	99
5.1. Conclusiones	99
5.2. Contribuciones	100
5.3. Recomendaciones	101
5.4. Trabajo a futuro	101
A. Resultados de la clasificación multicriterio	103
B. Resultados de los niveles de servicio	108
C. Políticas de inventarios	113
C.1. Pruebas de normalidad	113
C.2. Niveles de inventario	118
C.3. Inventario de seguridad	125

D. Beneficios establecidos en la política de inventarios	131
E. Consideraciones de volumen y peso	138

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1. Estructura de la metodología	7
2.1. Catálogo de productos	12
2.2. Ingresos anuales por venta de productos	13
2.3. Volumen de piezas vendidas	13
2.4. Ingresos por promedio de ventas por volumen de piezas vendidas . . .	14
2.5. Ventas por estados	14
2.6. Ejemplo de un gráfico de Pareto	18
2.7. Clasificación de artículos de acuerdo al método <i>ABC</i>	20
2.8. Matriz de clasificación <i>ABC-XYZ-123</i>	24
2.9. <i>EOQ</i> con lapsos de espera cortos entre pedidos	27
2.10. <i>EOQ</i> con lapsos de espera largos entre pedidos	28
2.11. Determinación de cantidad de pedido modelo <i>EOQ</i>	28
2.12. Ejemplo de un política de revisión continua (s, Q)	30
2.13. Ejemplo de una política de revisión periodica (r, S)	32
2.14. Causales del inventario de seguridad	36

2.15. Curva de frecuencias para la distribución normal de probabilidad . . .	39
2.16. Distribuciones normales con diferentes desviaciones estándar	40
2.17. El área bajo la curva normal y la distancia a la media	41
2.18. Componentes de un modelo de investigación de operaciones	45
2.19. Problema de carga de contenedor	48
2.20. Contenedor ubicado tridimensionalmente	50
3.1. Estructura de la metodología para el caso de estudio	54
3.2. Unificación de la información para el diseño de la herramienta	58
4.1. Segmentación de la clasificación de productos	66
4.2. Clasificación por nivel de servicio de la matriz $ABC-XYZ-123$	69

ÍNDICE DE TABLAS

2.1. Relación entre el margen de ganancias y cantidad de productos <i>ABC</i>	20
2.2. Clasificación del coeficiente de variación <i>XYZ</i>	21
2.3. Matriz <i>ABC-XYZ</i>	22
2.4. Análisis combinado <i>ABC-XYZ</i>	23
2.5. Matriz de políticas de inventario	26
4.1. Clasificación <i>ABC-XYZ-123</i>	65
4.2. Clasificación por niveles de servicio	70
4.3. Resultados de hipótesis en pruebas de normalidad	71
4.4. Ingresos por venta conforme a las pruebas de normalidad	71
4.5. Resultados de las pruebas de normalidad acorde a los niveles de servicio	72
4.6. Niveles <i>s</i> y <i>S</i> de inventario	73
4.7. Inventario de seguridad basado en el nivel de servicio	74
4.8. Monitoreo del avance en ventas y niveles de inventario	75
4.9. Consideraciones de volumen, peso y piezas en las cajas de productos .	77
4.10. Consideraciones de volumen y peso de los contenedores	77

4.11. Experimentación 1: faltante alto para llegar a nivel S	82
4.12. Experimentación 2: faltante moderado para llegar a nivel S	83
4.13. Experimentación 3: faltante mínimo para llegar al nivel S	84
4.14. Resultados de la experimentación 1: faltante alto para llegar al nivel S	86
4.15. Demandas de la experimentación 1	87
4.16. Resultados de la experimentación 2: faltante med. para llegar al nivel S	87
4.17. Demandas de la experimentación 2	89
4.18. Resultados de la experimentación 3: faltante mín. para llegar al nivel S	90
4.19. Demandas de la experimentación 3	91
4.20. Resultados de la aplicación de la herramienta al caso de estudio . . .	93
4.21. Abastecimiento llevado a cabo por parte de la empresa	94
4.22. Demandas de la experimentación caso de estudio	94
4.23. Análisis de productos abastecidos y sugerencia de abastecimiento de la herramienta	96
A.1. Clasificación ABC-XYZ-123 del catálogo de productos importados . .	103
B.1. Clasificación por nivel de servicio del catálogo de productos importados	108
C.1. Resultado de las pruebas de normalidad Shapiro-Wilk y Kolmogorov- Smirnov en los prod. importados	113
C.2. Niveles de inventario s y S del catálogo de productos importados . .	118

C.3. Inventario de seguridad de acuerdo al nivel de servicio del catálogo de productos importados	125
D.1. Beneficio establecido a partir de las políticas de inventarios	131
E.1. Volumen, peso y piezas contenidas en cajas de los productos del catálogo de productos importados	138

AGRADECIMIENTOS

Muy especialmente agradezco a mis padres por ser un modelo a seguir y estar en cada etapa de mi vida brindándome su apoyo incondicional.

A mis hermanos por darme los ejemplos del esfuerzo, trabajo y perseverancia, los cuales me han motivado a superarme por igual.

A amigos, compañeros y conocidos que me brindaron su apoyo para culminar con éxito mis estudios de posgrado.

A todos los catedráticos y compañeros con los que tuve la oportunidad de compartir las aulas de la facultad; en cada clase me brindaron su experiencia, conocimiento y apoyo; el ciclo compartido con ellos me ha hecho crecer como persona y profesionalista.

Al Dr. Miguel Mata Pérez por fungir como mi tutor; por su apoyo y tiempo dedicado para el desarrollo de esta tesis y por su experiencia y conocimiento compartido a lo largo de la maestría. De la misma forma a mis revisores la Mlycs. Blanca Idalia Pérez y el Dr. Tomás Eloy Salais.

Al comite de seleccción que decidió aceptarme en este posgrado, a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME), al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) por otorgarme las becas para realizar mis estudios de posgrado.

RESUMEN

Nancy Yoana Amador Molina.

Candidata para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio: HERRAMIENTA PARA EL ABASTECIMIENTO EFICIENTE DE PRODUCTOS CON TIEMPO DE ESPERA LARGO MEDIANTE UN MONITOREO PERIÓDICO DE VENTAS.

Número de páginas: 158.

OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO: El caso de estudio se inspira en una comercializadora dedicada a la compra-venta de autopartes en donde al menos el 42 % de los ingresos por ventas de la empresa se concentran en mercancías que son importadas, las cuales tienen un tiempo de espera considerable si se compara con el de los proveedores nacionales. Al no haber una política de inventarios y control de ventas, se ha incurrido en faltantes de productos que generan un mayor margen de ganancia a la empresa.

El objetivo de esta tesis consiste en proporcionar un método que de soporte a las decisiones de abastecimiento en empresas comercializadoras, proporcionando una opción eficiente en la elección de las mercancías estratégicas para su adquisición.

La metodología consiste en tres fases:

1. Determinación de políticas; sustentadas en el análisis de las ventas, implementación de políticas de inventario, la clasificación de los artículos por criterios, consideraciones de volumen y peso de los productos, se establecen beneficios sobre cuáles es conveniente importar.
2. Modelación del problema; se seleccionan los artículos que por su peso, volumen y beneficios previamente establecidos conviene adquirir por medio del uso de un modelo matemático.
3. Experimentación y análisis; en base al modelo propuesto se valida la efectividad del instrumento.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES: La herramienta da soporte a empresas en las cuales los tiempos de abastecimiento son largos, realizando dos actividades clave para garantizar una eficiente colocación de pedidos de los productos: la priorización de mercancías y el control eficiente de los inventarios. Las técnicas empleadas permiten establecer una serie de políticas para que con la ayuda de un modelo matemático se coloquen pedidos de los artículos que dejen un mayor provecho a la empresa.

Se obtiene un método analítico mediante el cual se pueden soportar decisiones concernientes al abastecimiento. Se ofrece como un medio útil a las pequeñas y medianas empresas que no cuentan con programas sofisticados y que importen mercancías o bien, casos en los que los productos que se adquieran tengan volúmenes y pesos conocidos.

Firma del asesor: _____

Dr. Miguel Mata Pérez

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La presente investigación busca la colocación eficiente de pedidos de una empresa comercializadora. Durante el proceso de análisis se abordan diversos referentes teóricos desde una perspectiva de logística y cadena de suministro, evaluando la situación actual de la compañía dedicada a la venta de refacciones para automóviles. Como consideración al estudio, una parte importante de la mercancía es importada desde Asia.

La empresa caso de estudio comenzó con un catálogo de productos extenso, por lo cual se presentaron problemas de almacenamiento. Debido a que se cuenta con demasiados artículos, las prácticas de abastecimiento no eran las mejores, presentando desabasto de los artículos con mayor rotación y de los de menor había excedente. No se ha llevado un buen control y análisis de las ventas y, en ocasiones, las mercancías que presentaban una buena demanda no eran solicitados a los proveedores oportunamente, provocando pérdida de ventas. A partir del análisis de la situación actual, se detectaron las problemáticas que se pretende atacar por medio de este proyecto, las cuales son:

- Identificar los productos más importantes de los menos.
- Determinar niveles de servicio para establecer políticas de abastecimiento.

- Monitoreo de las ventas con el objetivo de tomar decisiones de cuando ordenar mercancía al proveedor.

El proyecto consiste en integrar la información del comportamiento en ventas de la mercancía importada, ya que debido al lapso de espera, es necesario inspeccionar y analizar los volúmenes de venta, a fin de invertir capital, procurando que éste se pueda convertir en activo circulante en el menor tiempo posible.

El estudio determina niveles de servicio y características intrínsecas de cada artículo, presentando una herramienta útil a las pymes (Pequeñas y Medianas Empresas), en especial a aquellas que se dediquen a la compra-venta de productos con la peculiaridad de que sean importados; particularmente se presenta como un apoyo para las que no cuentan con tecnologías informáticas con el proposito de controlar sus inventarios. Considerando el movimiento de los inventarios y una serie de políticas de inventarios, el método es capaz de ofrecer sugerencias sobre los artículos que representen un mayor provecho al ser adquiridos, para facilitar la toma de decisión a los encargados del abastecimiento.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La comercializadora caso de estudio actualmente importa 715 autopartes desde China. Cuenta con dos proveedores, el proveedor denominado como 1 es el encargado de surtir 411 piezas y el proveedor 2 surte lo restante. Cabe mencionar que estos no son los únicos dos proveedores de la empresa; cuenta con una cartera de proveedores mexicanos. Como objeto de estudio nos enfocaremos únicamente a los asiáticos.

El proceso seguido para el abastecimiento es solicitar las autopartes deseadas a los dos proveedores, de acuerdo a la cartera de productos que maneja cada uno. Los proveedores en sí, son fabricantes directamente, es decir, cuando se les solicita mercancía, la mayoría de las veces la tienen que fabricar sobre pedido, por lo que

además de la duración del traslado de China a México, es necesario esperar el periodo de elaboración, y este lapso es máximo de un mes; por lo que el ciclo que pasa desde que se efectúa un pedido, hasta que llega a las instalaciones del negocio, es de 3 meses. Hay ocasiones en las que existe un lote mínimo de cantidad para realizar un pedido.

El periodo de espera para el abastecimiento de mercancías importadas se estima como largo, debido a que el tránsito de la misma llega a ser mínimo de dos meses desde que se emite el pedido hasta que se recibe; mientras que la adquisición de artículos dentro del país demora máximo una semana.

Otra característica es que los envíos son independientes de un proveedor a otro, es decir, no se mezclan o unifican los pedidos del proveedor 1 con los del 2. La mayoría de las veces se solicita mercancía a los fabricantes y, cuando un agente les notifica a los tomadores de decisiones en Monterrey que con la mercancía que han solicitado, ya se llenó un contenedor, proceden a realizar el envío.

Hasta el momento, dentro de las políticas de la empresa, se ha optado por esperar hasta que un contenedor de 40 pies esté completamente lleno; dejando de lado otras opciones como contenedores de 20 pies o consolidación de productos con terceros.

En el primer semestre del año 2017, al solicitar un contenedor por cada proveedor, algunos de los artículos clave se agotaron la primer semana, no pudiendo satisfacer la demanda de los clientes durante el periodo de espera y, dejando de percibir ingresos al haber ventas perdidas.

Para la compañía el tiempo de espera juega un papel primordial en el proceso de importación, por lo que, si no se considera la demanda, puntos de reorden e intervalos de espera de manera adecuada, se puede derivar en un mal pedido en donde se importe mercancía que no es la que el mercado requiere, ocasionando gastos innecesarios por inventariar y/o la pérdida de clientes al no tener disponibles los artículos solicitados. Aunado a esto, al hacer una mala inversión en la adquisición

de productos, la estabilidad y crecimiento de la empresa pueden estar en riesgo.

1.2 OBJETIVO

Mejorar el abastecimiento de productos por medio del monitoreo de ventas, formulación de políticas y análisis cuantitativo, que brinde información para la toma de decisiones relacionadas a la colocación eficiente de pedidos.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer periodos de abastecimiento que permitan tener disponibles los artículos que presentan mayores ventas.
- Clasificar e identificar los 715 artículos según su venta, retorno de inversión y variabilidad de ventas.
- Crear niveles de servicio adecuado en los productos.
- Monitorear las ventas con el fin conocer el estatus del inventario.

1.3 HIPÓTESIS

Con el monitoreo de las ventas, el establecimiento de políticas y análisis cuantitativo, se tendrá soporte para efectuar las correctas colocaciones de pedido de productos a los proveedores, y así la empresa pueda realizar inversiones en los artículos que brindan un mayor beneficio competitivo y monetario.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Uno de los criterios de decisión del cliente, entre elegir el comprar a un ofertante u otro, es el costo más bajo o bien, la capacidad que tengan las compañías de brindar el artículo que se necesita, cuando lo solicita y en la cantidad que lo desea, estableciendo así una cierta diferenciación entre las que son capaces de tener la mercancía que el mercado requiere y las que no.

La venta de autopartes en el mercado es basta y va en aumento el número de compañías que están dispuestas a satisfacer las necesidades de las personas que buscan las refacciones de sus vehículos a un mejor precio. Para que un comercio pueda ofrecer artículos a bajo costo y a la vez tener un margen de ganancia, es necesario tener una estructura que le dé soporte a sus estrategias con el fin de lograr el mejor desempeño en costos y diferenciación; haciendo que los consumidores opten por quien presenta una mejor opción en disponibilidad y precio. En este caso, los artículos importados se presentan como una opción factible, ya que permiten que la mercancía sea adquirida a un bajo precio, se venda a un precio competitivo y así obtener un buen margen de ganancia.

De acuerdo con la CONDUSEF (Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros), las micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes) son la columna vertebral de la economía mexicana y generan el 72 % del empleo en el país y el 52 % del producto interno bruto (INEGI, 2016b). Dichos comercios, son la principal fuente generadora de empleo en México, a pesar de esto, de acuerdo con datos de INADEM (Instituto Nacional del Emprendedor), el 65 % de los negocios nuevos cierran antes de los dos años de vida por errores administrativos; entre las causas más comunes de este fenómeno de acuerdo a Nishizaki (2016) se encuentran:

- El mal manejo de los inventarios y/o carencia de estos, al no conocer a fondo las existencias de mercancías y mermas, lo que genera desabasto, pérdida de

ventas, utilidades, clientes y mercado.

- La contabilidad no se encuentra actualizada, o bien, no se tienen datos que aseguren la rentabilidad de la empresa.
- Ausencia de controles internos como indicadores y políticas.
- Falta de análisis financiero.
- Se desconoce qué y cuánto se vendió.

Por medio del uso de la metodología propuesta se busca evitar el desabasto de productos en el que cae la comercializadora, que al no realizar una buena administración, en el primer semestre del 2017 dejó de percibir el equivalente a un 25 % de ingresos extra por venta, al no tener disponibles los bienes que los clientes solicitaban, esto sin contemplar las pérdidas cualitativas, por ejemplo una percepción errónea del cliente hacia la empresa. Al encontrarse en Nuevo León, la pyme ofrece sus refacciones al cuarto estado con mayor parque vehicular en el país (INEGI, 2017); he aquí la necesidad del incremento de competitividad.

La importancia del establecimiento de políticas y el monitoreo de las ventas ofrece aportes a la estrategia de abastecimiento de la empresa, aplicando una técnica que sea útil para determinar de que artículos abastecerse, de manera que se pueda dar servicio a los clientes manteniendo un nivel de inventario disponible que sea capaz de satisfacer la demanda y su variabilidad y, buscando que exista un balance entre brindar un buen servicio al consumidor y obtener un beneficio económico aceptable, proveyendo al mercado de los productos que necesita y dejando de lado inversiones altas en aquellas mercancías que presenten un mayor riesgo de obsolescencia.

La herramienta permitirá a los tomadores de decisiones implementar acciones que se encaminen en favor de la prosperidad y crecimiento de la comercializadora, haciendo las inversiones correctas y en el momento que se requieren.

1.5 METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se efectúa en tres fases: la primera, la delimitación del problema y revisión de la literatura que servirá para la identificación de la problemática que se aborda y está conformada por los pasos 1 y 2, después se procede a la fase dos, desarrollo de la herramienta conformada por los pasos 3, 4 y 5 y finalmente la tercera fase, de análisis de resultados, conformada por los pasos 6 y 7. La secuencia de pasos a seguir se ilustran en la figura 1.1.

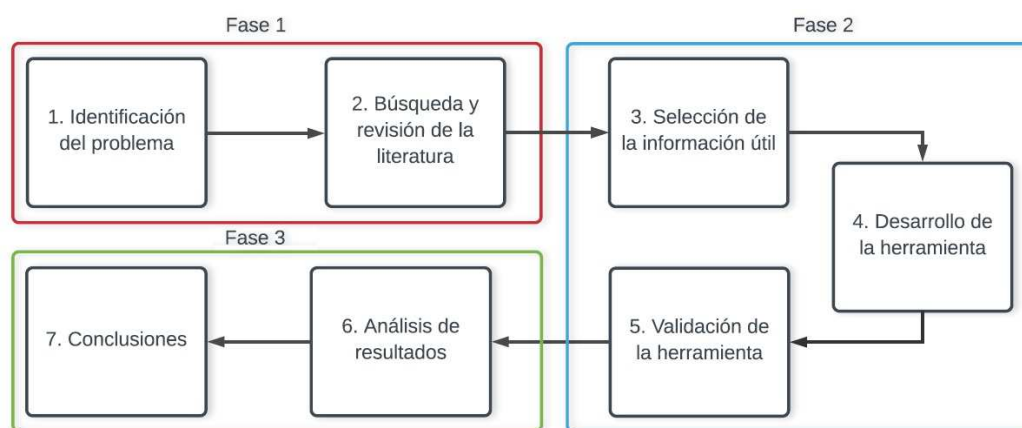


Figura 1.1: Estructura de la metodología

Fuente: Elaboración propia.

1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

Este documento está compuesto por cinco capítulos. En el primero se explican los aspectos generales de la empresa y la problemática que enfrenta, el objetivo, la hipótesis y la justificación. En el segundo capítulo se abordan los antecedentes de la compañía y las técnicas que permitirán dar solución a los contratiempos que enfrenta. En el capítulo tres, donde se explica la secuencia de acciones a seguir y el diseño de la metodología propuesta para la solución de la problemática. En el cuarto capítulo se describe la ejecución y resultados obtenidos, los cuales fueron previamente marcados en la metodología, a fin de validar el funcionamiento de la

herramienta y su implementación. Finalmente en el capítulo cinco se redactan las conclusiones, contribuciones y trabajo a futuro.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

La finalidad del uso de la logística en la cadena de suministro es la de abastecer al cliente todos aquellos bienes o servicios que requiere con un valor agregado (Christopher, 2016). Sin embargo, para ofrecer lo que el comprador requiere y cuando lo solicita, las empresas optan por la utilización de inventarios (Wild, 2017). Con el objetivo de tener disponibles artículos, las compañías deben solicitar a sus proveedores mercancía con un periodo de anticipación con el fin de satisfacer la demanda.

Cuando los periodos de entrega de proveedor se prologan, surge la dificultad de realizar una gestión de inventarios eficiente, para tener las mercancías disponibles.

Dentro de la literatura, la tendencia está marcada por la utilización de filosofías de aprovisionamiento justo a tiempo (Yang y Pan, 2004), o bien políticas en donde el lapso de espera de los productos es variable y juega un factor fundamental en la decisión de compra (Ben-Daya y Raouf, 1994; Hariga y Ben-Daya, 1999). Autores como Errasti *et al.* (2010); Kolińska y Cudziło (2016); Christopher (1999) proponen la combinación de diversas técnicas para la administración y políticas de inventarios favorables.

En esta investigación, se utilizan técnicas de administración de inventarios con la finalidad de establecer una política a fin de facilitar la gestión de la información brindada por el monitoreo de ventas y niveles actualizados de inventarios para

efectuar un abastecimiento eficiente, procurando realizar el pedido de las mercancía estratégicas a tiempo.

Este capítulo describe las características principales del mercado de las autopartes en México. Después, se presentan de manera general los antecedentes de la empresa objeto de estudio. Se tocan temas como la administración de inventarios, la clasificación de productos y se revisa la literatura de técnicas de control de inventarios incluyendo inventarios de seguridad, así como una breve reseña del uso de los modelos matemáticos en la cadena de suministro. Se busca hacer hincapié en las técnicas que permitirán el tratamiento a la información para el eficiente funcionamiento de la herramienta que se elaborará con el propósito de dar solución al problema de colocación efectiva de pedidos con tiempos de espera largos.

2.1 EL MERCADO DE LAS AUTOPARTES EN MÉXICO

El sector de autopartes esta constituido por los fabricantes, los distribuidores mayoristas, los reconstructores de autopartes, las refaccionarias, las tiendas de auto-servicio, las agencias distribuidoras de vehículos automotrices y empresas que venden autopartes usadas, que en conjunto se encargan de surtir a diferentes mercados: el de empresas ensambladoras, el de exportación y el nacional, que abarca la venta de vehículos y el de repuestos (Álvarez y Cuadros, 2012).

De acuerdo con datos del INEGI (2017), la flota vehicular creció un 72.36 % entre 2006 y 2017, pasando de 24,907,229 a 42,932,567 unidades; el 72.7 % de las unidades, son vehículos de particulares, el 26.4 % son camiones y camionetas para carga y tan sólo el 0.9 % son camiones de pasajeros. El parque vehicular tiene una edad promedio de 17 años, lo cual denota que es un parque vehicular viejo en comparación con países como Estados Unidos y Francia, los cuales tienen 5 y 7 años respectivamente (Caintra, 2015).

De las importaciones que hace la industria automotriz mexicana, 64.9 % son

partes y accesorios de vehículos, de las cuales la mayor parte provienen de Estados Unidos y China (54.6 % y 11.7 % respectivamente (Alvarez, 2013)). Por otra parte, en la distribución del gasto familiar, la tercera parte está dedicada al transporte, adquisición de vehículos, combustible, accesorios o servicios para vehículos (INEGI, 2013).

Considerando el crecimiento de más del 70 % de la flota vehicular y el alto promedio de su antigüedad, el gasto en la reparación y mantenimiento de vehículos seguirá aumentando.

Debido a la fragmentación del mercado de autopartes, ninguna empresa tiene una participación que pueda influir en los resultados de las otras y a pesar de que México se posicionó como el cuarto exportador de vehículos ligeros a nivel mundial y de que el 37.9 % de la manufactura automotriz está destinada a la producción de autopartes (SE, 2015), la competitividad en el sector comercial lleva a las empresas a ofrecer nuevas líneas de productos. Las pequeñas empresas del sector, para ser competitivas en el mercado, han optado por la importación de autopartes, particularmente de origen chino, haciendo que los empresarios mexicanos pasen de verlas como una amenaza, a integrarlas a su catálogo con el propósito de ampliarlo y ofrecer mejores precios a los compradores.

Peters (2016) menciona que el comercio entre México y China ha crecido rápidamente y en la actualidad, China se posiciona como el segundo socio comercial después de Estados Unidos. De acuerdo a cifras consultadas en INEGI (2016a), en la balanza comercial entre las importaciones y exportaciones que hace México con China, el 92.22 % son importaciones, dejando el resto a las exportaciones.

Entre las principales autopartes que México importa de China se encuentran partes mecánicas, neumáticos, acumuladores eléctricos, asientos, dispositivos de arranque, árboles de transmisión y rodamientos (Álvarez y Cuadros, 2012).

Para que la importación de autopartes chinas presente los beneficios que son esperados por las pymes, el manejo de inventarios ha sido y continuará siendo un

factor decisivo. La correcta estructuración del sistema de inventarios y un producto estrella como las autopartes chinas, son la clave del éxito o fracaso en los comercios dedicados a la venta de autopartes importadas.

2.2 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La empresa se ubica en la ciudad de Monterrey, Nuevo León y comenzó actividades con la venta de refacciones para motocicletas, para más tarde dedicarse a la de refacciones automotrices; después de esto, se realizó la división en dos empresas encargadas de atender ambos segmentos. Ofrecen la venta de autopartes al mayoreo y menudeo. Cuentan con una sucursal en el centro de Monterrey y un almacén en el municipio de Guadalupe, Nuevo León.

El catálogo de productos está conformado por 2268 piezas de las cuales, 1553 son abastecidas por proveedores nacionales y el resto son importadas. Las piezas importadas forman el 32 % del catálogo (véase la gráfica de la figura 2.1).

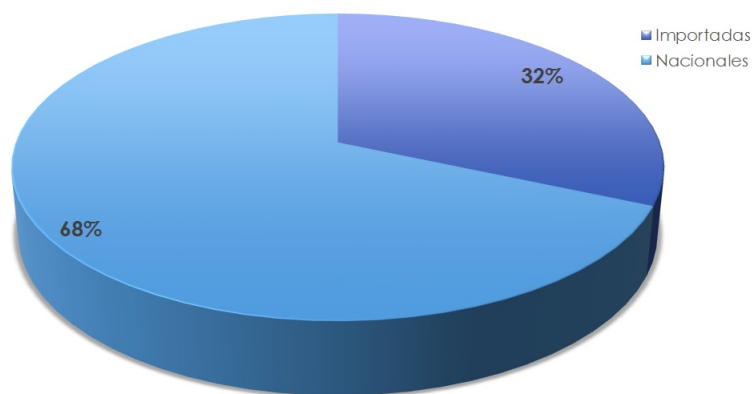


Figura 2.1: Catálogo de productos

Fuente: Elaboración propia

A pesar de que el catálogo se compone en su tercera parte por artículos importados, estos aportan un ingreso anual de ventas de 43 %, dejando al mercado nacional con el 57 % , es decir, los primeros captan virtualmente el 50 % de los ingresos por ventas como lo muestra la figura 2.2.

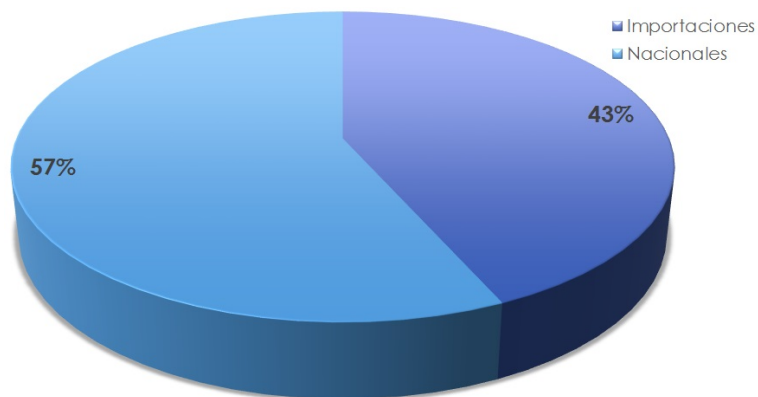


Figura 2.2: Ingresos anuales por venta de productos

Fuente: Elaboración propia

Se puede creer que, al ser 7 % mayores los ingresos por la venta de producto nacional, esta mercancía es la de mayor relevancia, pero en volumen de piezas vendidas, las importadas representan sólo el 31 %. Esto se muestra gráficamente en la figura 2.3.

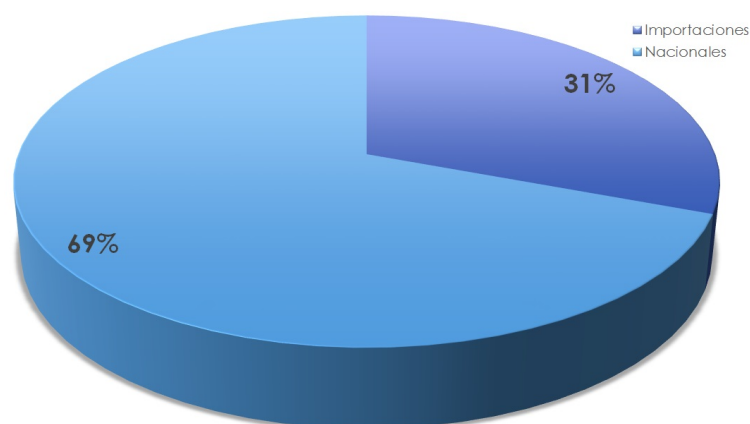


Figura 2.3: Volumen de piezas vendidas

Fuente: Elaboración propia

Relacionando el total de ventas en piezas con la captación total de ingresos y fraccionando ambos datos entre los productos nacionales e internacionales, se puede encontrar que el ingreso total por venta, en volumen de piezas importadas es del 63 %, mientras que el total de las piezas nacionales aportan el 37 %, dicho de otra manera, considerando que el número total de piezas (nacionales o importadas) que se vendieron y dividiendo los ingresos que se obtuvieron por cada rubro, las que dejan

un mayor ingreso en promedio, con respecto al número de piezas vendidas, fueron las importadas (véase la figura 2.4).

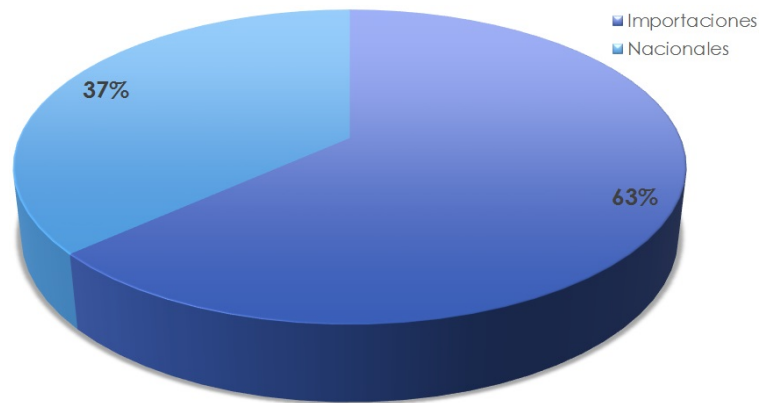


Figura 2.4: Ingresos por promedio de ventas por volumen de piezas vendidas

Fuente: Elaboración propia

Las ventas al mayoreo se realizan a través de una red de al menos 15 vendedores que atienden a clientes presentes en diecinueve estados de la república, añadiendo a la ya mencionada sucursal de ventas. En la gráfica de la figura 2.5 se detalla la segmentación de ingresos por venta, por estado.

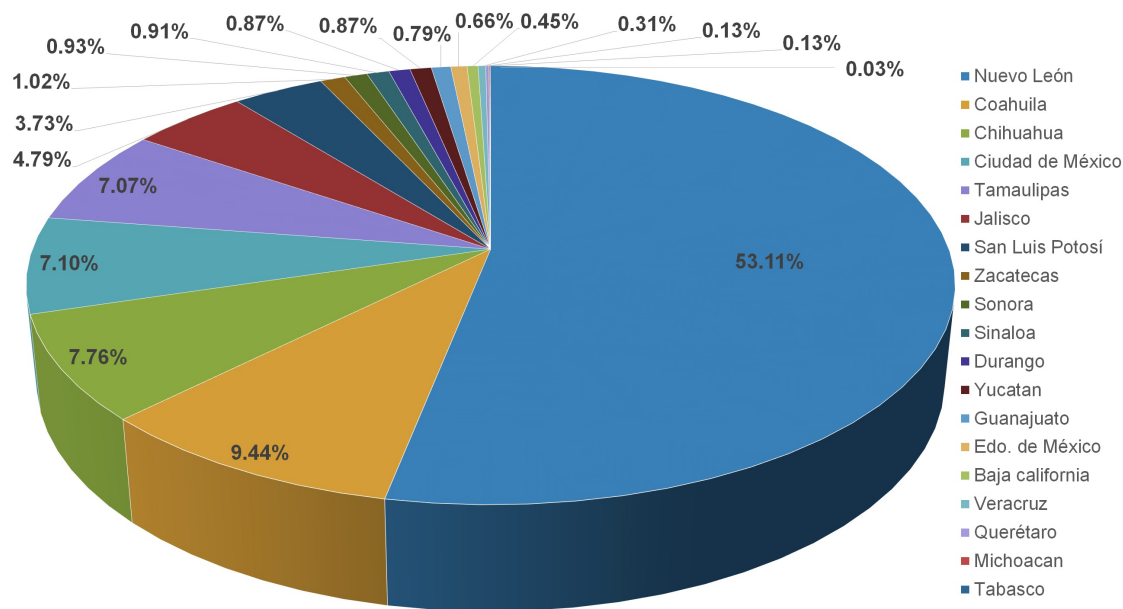


Figura 2.5: Ventas por estados

Fuente: Elaboración propia

Al momento del análisis del caso de estudio, la empresa no cuenta con una política que indique cuál es su inventario ideal y punto de reorden, ni un nivel de servicio que advierta cuáles son los artículos que tienen prioridad para reabastecer ni cada cuando. Las acciones que implementa la empresa son las de calcular un pronóstico de ingresos cimentado en la utilidad que ambiciona tener, pero, sin reflexionar sobre cuáles son los productos que los llevan a lograr una mayor utilidad, debido a la deficiente gestión con la que cuentan.

2.3 ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS

La palabra inventario viene del latín, *intventarium*, derivada a su vez de la palabra *invenio*, y significa «lista de lo hallado», lo cual nos da la idea de que un inventario es la existencia de un bien o materia que puede ser clasificado, catalogado y contabilizado (Bibliograf, 2011).

De acuerdo a Ballou (2004), «los inventarios son acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y de logística de una empresa».

Los inventarios han tenido un papel importante en la economía y desarrollo de una sociedad prácticamente desde que se formaron las primeras comunidades, en las que era necesario obtener y almacenar alimentos. Un ejemplo claro se presenta en el libro de Génesis en la Biblia, en donde, a partir de los sueños que tuvo el faraón y la interpretación que hizo José, se pronosticaron siete años de bonanza en la producción de trigo y ganado vacuno y siete años de escasez, por lo que deciden resguardar provisiones a fin de prepararse para los siete años de carencias.

La mayoría de las veces, las acumulaciones de materia y provisiones necesitan ser protegidas, documentadas, clasificadas y preservadas, lo que lleva a contemplar el uso de almacenes (Ballou, 2004).

A partir de la necesidad de gestionar el número de artículos que se tienen en inventario, se debe pronosticar el número de bienes con los que se debe contar para satisfacer las requisiciones hechas por los clientes al momento. Dicho de otro modo, se deben adaptar las existencias de producto a la demanda; de esta manera se evita tener cosas que no se van a necesitar y están reteniendo capital.

Vidal *et al.* (2004) señalan que la clave en la administración de inventarios consiste en liberar capital invertido en inventarios de seguridad de artículos de bajas ventas y distribuirlo en los que presentan mayores ventas; por lo que con dicha gestión, se busca tener un balance para que el tamaño de estos sea el adecuado y el necesario en el momento que se desea emplear.

Podemos recalcar algunas estrategias de abastecimiento y balanceo de inventarios sugeridas por Vidal *et al.* (2004), entre las cuales se encuentran: clasificación de los productos, sistemas de pronóstico adecuados de acuerdo a la naturaleza de la mercancía y su comportamiento en el mercado, selección de métodos de control y rotación de inventarios, riesgo de obsolescencia e indicadores financieros; estas estrategias deben ser capaces de responder cuánto y cuándo pedir.

Debido al gran número de artículos de distinta naturaleza que pueden formar parte de un inventario, las organizaciones suelen catalogar la mercancía con el fin de administrar los productos de acuerdo a características comunes entre unos y otros. Dichas segmentaciones se basan en el análisis de información y permiten contar con un mecanismo que diferencie los artículos que impactan en los costos totales y la gestión y control que requiere cada tipo de artículo (Liu *et al.*, 2016).

2.4 CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS

Las empresas cuyos inventarios son conformados por un gran número de bienes distintos, suelen usar la clasificación de artículos. Dicha categorización ayuda a aplicar un método de control específico en cada producto. La clasificación multicriterio

ofrece la opción de fijar niveles de servicio. Artículos con distintas características como margen, volumen y variabilidad de ventas, se agrupan entre sí para ser administrados de acuerdo a las características en común que reúnen (Babai *et al.*, 2015).

Dentro de la venta de autopartes, así como en cualquier otra industria, hay artículos que se caracterizan por ser más vendidos, por dejar mayor margen de ganancia, ser más fáciles de adquirir y, en general, mercancía que es necesario identificar debido a que representan costos o ingresos significativos con respecto al costo total de un inventario. Los mencionados son sólo algunos de los criterios que se toman en cuenta con la finalidad de identificar qué artículos requieren una mayor atención, o bien, brindarles la misma atención a todos, pero conocer y diferenciar las características que los hacen distintos entre sí.

De Felice *et al.* (2014) mencionan otros criterios como el costo de pedido, la criticidad de la pieza, tiempo de entrega, si el material es común, la obsolescencia, posibilidad de reparación, el número de solicitudes, la escasez, la durabilidad, si es perecedero y la distribución de la demanda. Sin embargo, estos factores pueden variar de una empresa a otra y de un giro o actividad a otra.

Entre las formas de clasificación mencionadas, una de las más usadas y en la que se basan la mayoría de los criterios mencionados, es la regla *80/20* o principio de Pareto, nombrada así por Juran (1975), en honor a Vilfredo Pareto (1848-1923), quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza. La regla *80/20* establece, por ejemplo, aplicándola al concepto a la calidad, donde si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20 % de las causas resuelven el 80 % del problema y el 80 % de las causas solo resuelven el 20 % del problema (Garmendia y Serna, 2007).

El principio de Pareto es usado en la clasificación *ABC* de los inventarios, que en términos generales, consiste en diferenciar las materias de acuerdo a un criterio seleccionado. Dickie (1951) explica cómo *General Electric* fue la primer compañía que aplicó lo que denominaron *ABC* para controlar su inventario. Un ejemplo de esto

es la clasificación de productos de acuerdo al margen de ganancia que generan: los artículos *A* serían aquellos de los cuales se obtiene el mayor margen de ganancias, los *B* generan ingresos moderados y los *C*, serían mercancías de reducida importancia al no generar ingresos significativos (véase la figura 2.6).

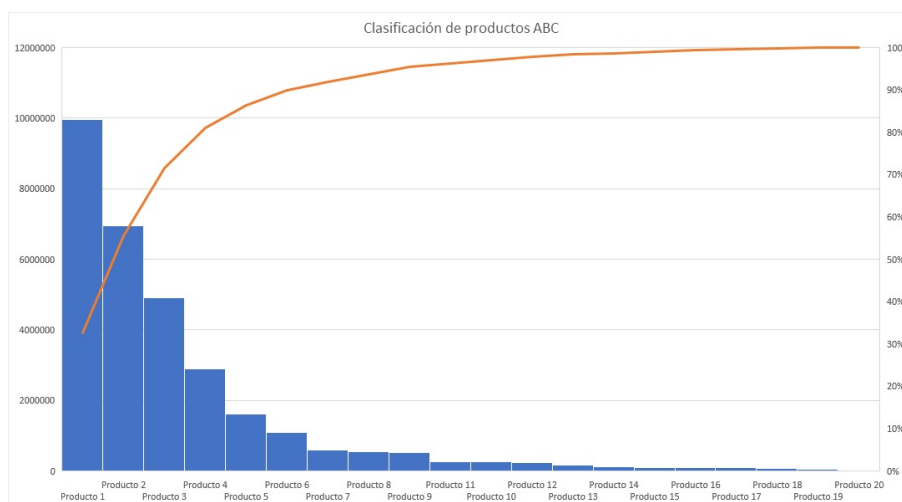


Figura 2.6: Ejemplo de un gráfico de Pareto

Fuente: Elaboración propia

Esta segmentación no únicamente brinda información sobre qué artículos son los que generan más ganancia, tienen mayor rotación o demanda, sino que ofrece la posibilidad de ejecutar un control detallado cuando los bienes además de ser distintos llegan a ser millares; al ser organizados, éstos podrán ser tratados de acuerdo a la clase asignada. Pandya y Thakkar (2016), por ejemplo, sugieren que en el caso de artículos *A*, se lleve una revisión diaria del inventario, en los *B* una revisión semanal y en los *C* una revisión no tan frecuente como las dos anteriores.

Cuando las empresas ofrecen una amplia variedad de artículos, se requiere una segmentación de los bienes y la formulación de estrategias con la finalidad de efectuar una administración eficiente (Brown, 1982).

La clasificación de productos es la base para el planteamiento de la política de inventarios que se implementará en la empresa, esto permitirá identificar y diferenciar los artículos más importantes de los menos a fin de establecer mejores niveles de

servicio y a su vez tener un mayor control de aquellos que representen un mayor rendimiento a la empresa.

2.4.1 CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO DE PRODUCTOS

En ocasiones un solo parámetro no es suficiente para realizar la diferenciación de productos debido a que son variadas las características que se pueden incluir. La organización de la mercancía de acuerdo a distintos atributos ofrece un panorama de todo el eslabón de la cadena de suministro y logística de una empresa. El criterio sobre qué es más importante en los bienes de un inventario, puede cambiar de un departamento a otro dentro de la misma empresa; esto lo establecieron Flores y Clay (1986) en uno de los primeros artículos que habla sobre dicho tema.

Las técnicas de segmentación difieren de acuerdo al tipo de industria, hay las que dependen de las materias primas por ejemplo. El modelo adecuado debe aplicarse para cada tipo de empresa. La técnica *ABC* es simple y proporciona un control de costos en el inventario total de la empresa e igualmente diferencia los artículos importantes de los secundarios. El análisis *XYZ* es útil en la mejora del proceso de pedido, donde la demanda o el producto el precio fluctúa, por lo que, el enfoque combinado del análisis *ABC* y *XYZ* proporciona los mejores resultados en la gestión (Pandya y Thakkar, 2016).

Las técnicas *ABC/XYZ* se han desarrollado para catalogar los productos en tres clases tomando criterios relacionados con las características de la demanda (Schönsleben, 2016; Syntetos *et al.*, 2005); asimismo han sido identificadas por autores como Scholz-Reiter *et al.* (2012) de gran importancia para el suministro y el control de inventario y ambas utilizan el criterio *80/20*.

En si, los datos que proporciona la técnica *XYZ* son las variaciones de la demanda de cada producto, en donde se toma un período y el consumo de artículos dentro de este lapso. El análisis arroja un coeficiente de variación y representa el

rango de los niveles de consumo del artículo en particular (Scholz-Reiter *et al.*, 2012).

Considerando el principio *80/20*, se puede sopesar que la mercancía que genera mayor ganancia y está clasificada como *A*, puede ser una cantidad pequeña, los *B* y *C* la mayor cantidad (véase la la tabla 2.1).

Tabla 2.1: Relación entre el margen de ganancias y cantidad de productos *ABC*

Clase	Margen de ganancia	Cantidad de productos
<i>A</i>	60 a 80 %	10 a 20 %
<i>B</i>	25 a 35 %	30 %
<i>C</i>	5 a 15 %	50 a 60 %

Fuente: Elaboración propia basada en Anderson y Molin (2017)

La cantidad de productos que conforman cada clase no son fijos, oscilan entre un porcentaje. Sin embargo, la participación porcentual de cada grupo en influir en el valor total es constante (Ramanathan, 2006). Esto se muestra gráficamente en la figura 2.7.

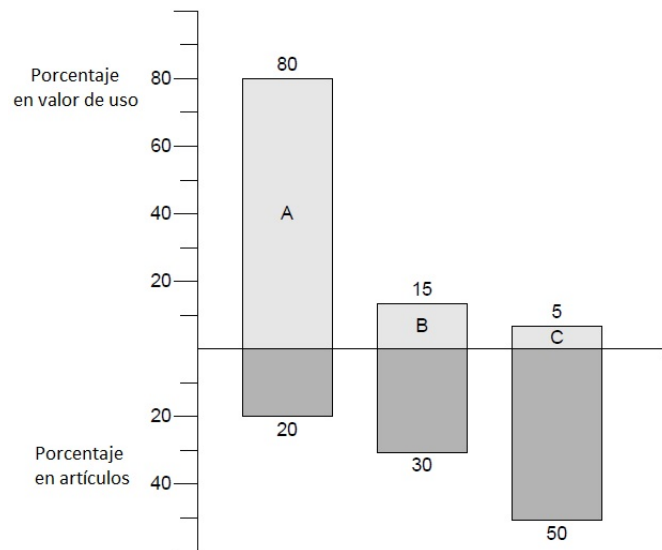


Figura 2.7: Clasificación de artículos de acuerdo al método *ABC*

Fuente: Cyplik *et al.* (2008)

Por otro lado el análisis *XYZ* representa un número que es el coeficiente de

variación y representa el rango de los niveles de consumo de cada producto en particular.

Pekarčíková *et al.* (2014) propone intervalos de coeficiente de variación para la creación de un catálogo de productos en X de 0 hasta 0.5, para Y de entre 0.5 a 0.9 y en Z de 0.9 en adelante; mientras que Kolińska y Cudziło (2016) propone coeficiente de variación para X de 0 a 0.25, en Y de 0.25 a 0.60 y para Z de 0.60 en adelante.

En la tabla 2.2 se muestra una de las clasificaciones XYZ más utilizada de la cual se puede concluir que:

- En X , el coeficiente de variación menor a 0.5, el consumo de artículos es constante. La capacidad de corregir la predicción es muy alta (Devarajan y Jayamohan, 2016; Clevert *et al.*, 2007; Pekarčíková *et al.*, 2014).
- Y , con coeficientes entre 0.5 a 1, se presentan fluctuaciones más fuertes en el consumo, para tendencia moderada o estacional. La capacidad de predecir es media (Devarajan y Jayamohan, 2016; Clevert *et al.*, 2007; Pekarčíková *et al.*, 2014).
- Finalmente con variaciones mayores a 1, se encuentra Z , cuando el consumo de bienes es completamente irregular, por lo que su capacidad de predicción es baja (Pekarčíková *et al.*, 2014).

Tabla 2.2: Clasificación del coeficiente de variación XYZ

Clase	Coeficiente de variación (CV)
X	$CV < 0,5$
Y	$0,5 < CV < 1$
Z	$CV > 1$

Fuente: Elaboración propia basada en Anderson y Molin (2017)

O bien, pueden ser definidos como lo hace Buliński *et al.* (2013) en donde:

- En X , tasa alta de ventas, es decir, las ventas se mantienen constantes.
- En Y , artículos con una tasa promedio de ventas, se presenta una mayor variación en las ventas.
- En Z , bienes con una tasa baja de ventas, presentan mayor variabilidad en las ventas.

Fusionando las técnicas ABC y XYZ se tiene la matriz de la tabla 2.3

Tabla 2.3: Matriz ABC - XYZ

AX	BX	CX
AY	BY	CY
AZ	BZ	CZ

Fuente: Elaboración propia

donde ABC contempla el margen de ganancia, XYZ el coeficiente de variación del consumo. En la tabla 2.4, se observa el análisis y matriz de combinación tomando en cuenta los 9 segmentos formados por una clasificación ABC - XYZ , en el cuál, Pandya y Thakkar (2016) determinan que la mayor importancia debe ser dada a los artículos AX , BX y AY mientras que la mercancía que se encuentra en las clases AY , AZ y BZ presentan mayor complejidad en su control. En los primeros, la importancia es dada debido a que son productos que presentan un alto valor y poca variación en demanda, pero en el segundo caso, representan un alto valor y una demanda inestable.

Algunos autores como Anderson y Molin (2017) y Kolińska y Cudziło (2016) han agregado una clasificación más a la ABC - XYZ ; en los casos que ellos desarrollan se trató por un lado de la variación de las órdenes de producción y otra parte la variación en órdenes de almacén, la cual nombraron 123 .

En este proyecto, se utilizará la tercera clasificación para el margen de ganancia de los productos, en donde quedarán catalogados como 1, aquellos que generan la

Tabla 2.4: Análisis combinado *ABC-XYZ*

	A	B	C
X	Alto valor, demanda Acontinua y buena predicción	Valor promedio, demanda continua y alto valor predictivo	Bajo valor, demanda continua y buena predicción
Y	Alto valor, demanda fluctuante y predicción regular	Valor promedio, demanda fluctuante y predicción regular	Bajo valor, demanda fluctuante y predicción regular
Z	Alto valor, demanda irregular y predicción mala	Valor promedio, demanda irregular y predicción mala	Bajo valor, demanda irregular y predicción mala

Fuente: Elaboración propia basada en Pandya y Thakkar (2016)

mayor ganancia; 2, los que tienen ganancias moderadas y 3, los que generan bajas ganancias.

Al realizar una clasificación *ABC-XYZ-123* se obtienen 27 combinaciones (*AX1*, *AX2*, *AX3*, *AY1*, *AY2*, *AY3*, *AZ1*, *AZ2*, *AZ3*, *AX1*, *AX2*, *BX3*, *BY1*, *BY2*, *BY3*, *BZ1*, *BZ2*, *BZ3*, *CX1*, *CX2*, *CX3*, *CY1*, *CY2*, *CY3*, *CZ1*, *CZ2* y *CZ3*) tal y como se pueden observar en la figura 2.8, en donde se amplían las opciones para colocar productos de acuerdo a sus características. Al ampliarse a tres criterios el análisis, aumenta la posibilidad de descubrir artículos ocultos.

Para utilizar la técnica *XYZ*, es necesario entender cómo calcular el coeficiente de variación, ya que está permite ver la variación de la demanda o las ventas en un periodo y es necesario entender los fundamentos teóricos para realizar la segmentación por medio de la misma.

CX1	CY1	CZ1
BX1	BY1	BZ1
AX1	AY1	AZ1
CX2	CY2	CZ2
BX2	BY2	BZ2
AX2	AY2	AZ2
CX3	CY3	CZ3
BX3	BY3	BZ3
AX3	AY3	AZ3

Figura 2.8: Matriz de clasificación *ABC-XYZ-123*

Fuente:Elaboración propia

2.4.2 COEFICIENTE DE VARIACIÓN

Un producto puede seguir un patrón de consumo relativamente estable si se observa en el transcurso de un año, pero puede parecer completamente diferente si se desglosa para cada día o cada mes (Anderson y Molin, 2017). En este proyecto, el coeficiente de variación se calcula sobre las ventas mensuales en el periodo de un año.

Medidas de dispersión como la desviación estandar, vienen expresadas en las unidades en las que se ha medido la variable. Es decir, son medidas absolutas y con el único dato de su valor, no es posible decir si tenemos una dispersión importante o no, para erradicar esta limitante se utilizó el coeficiente de variación.

Es posible conocer la dispersión de un conjunto de datos hasta que se conoce su desviación estándar, su media, y la relación entre ambos. Para solucionar esto, se definen medidas de dispersión relativas, independientes de las unidades usadas. Estas dispersiones relativas permiten comparar la dispersión entre diferentes muestras con

unidades diferentes (Gorgas *et al.*, 2011), por lo que es posible comparar la variación estableciendo un coeficiente, sin importar la naturaleza distinta de los datos.

Para calcular el coeficiente de variación, sólo se deben tomar variables con todos los valores positivos. Todo índice de variabilidad es esencialmente no negativo. Al trabajar con variables positivas se asegura que la media es mayor a cero (Levin y Rubin, 2011).

Cuanto mayor sea el coeficiente de variación, CV , mayor dispersión tendrán los datos. En otras palabras, cuando el producto muestra un coeficiente de variación menor, es porque las ventas muestran estabilidad entre un mes y otro, en cambio, cuando no hay tal estabilidad, el coeficiente de variación crecerá. La ecuación (2.1) muestra cómo calcular el coeficiente de variación; donde CV , es el coeficiente de variación; σ , la desviación estandar y μ la media.

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (2.1)$$

El obtener diferentes coeficientes de variación genera la pregunta sobre si es razonable usar el mismo nivel de servicio en todo el inventario, o si se debe priorizar artículos, para mantener las existencias al mínimo y mejorar el flujo de efectivo.

Teunter *et al.* (2010) muestran que es más económico distinguir los artículos en clases con el fin de instaurar niveles de servicio y, por lo tanto, establecer inventarios de seguridad de acuerdo a su importancia.

Una vez que se ha establecido la importancia de la clasificación multicriterio de acuerdo a la importancia de los productos, se podrá aplicar la técnica de control adecuada para cada uno, por lo cual será necesario conocer cuáles son las técnicas, mismas veremos en sección 2.5.

2.5 TÉCNICAS DE CONTROL DE INVENTARIOS

Para elegir cuál técnica de control de inventario se adapta más a las necesidades del caso de estudio, se realizó una investigación entre las más conocidas y usadas en la práctica. Entre los métodos existen dos sistemas básicos: el de revisión continua y el de revisión periódica. No existe una práctica que sea mejor que la otra, simplemente se puede adoptar una u otra de acuerdo al producto del que se trate y a la que sea más adecuada, de acuerdo a las políticas de cada empresa.

La gestión de los niveles de inventario en la práctica dependen del tipo de revisión elegido y el nivel de existencias en relación con el punto de reorden. En la tabla 2.5 se encuentra la matriz de políticas de inventario propuesta por Schmidt (2015).

Tabla 2.5: Matriz de políticas de inventario

Política de inventario	Intervalo de orden fijo	Intervalos de orden variable
Cantidad a ordenar fija	poco usada en la práctica	revisión continua (Q, s)
Cantidades a ordenar variable	revisión periódica (r, S)	misceláneo

Fuente: Elaboración propia basada en Schmidt (2015)

2.5.1 CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO EOQ

El modelo de cantidad económica de pedido o EOQ , (por sus siglas en inglés, *Economic Quantity Order*) fue desarrollado en 1913 por Ford W. Harris, y es uno de los métodos de control de inventarios más antiguos (Zhu *et al.*, 2016). Este determina la cantidad de orden óptima en función del costo de la orden y el costo de mantener el inventario. Para calcular el EOQ es necesario conocer la cantidad de demanda

anual, el costo de pedido, el costo unitario del artículo y el costo de mantenimiento (almacenamiento) por unidad, por año.

Véase la ecuación (2.2) que es conocida como la ecuación del *EOQ*, en donde, Q^* , es la cantidad óptima a ordenar, d , representa la demanda, k , el costo por ordenar y h , costo por mantener en inventario.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2dk}{h}} \quad (2.2)$$

De acuerdo a la cantidad óptima a pedir, se calculan los periodos en los que se deben realizar los pedidos de mercancía para satisfacer la demanda. El periodo de reabastecimiento variará conforme a los valores de la demanda, de solicitar un pedido y de mantenimiento en inventario que se presenten. En la figura 2.9 se observa una gráfica en donde el eje de las y representa la cantidad a pedir de producto Q , conforme se agota la cantidad de piezas, se lleva a cabo 4 veces el reabastecimiento de piezas durante un periodo de tiempo t .

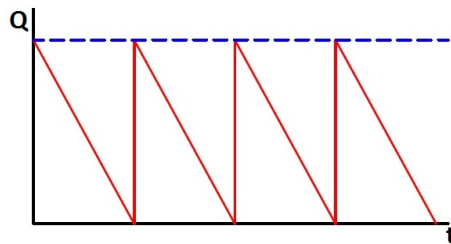
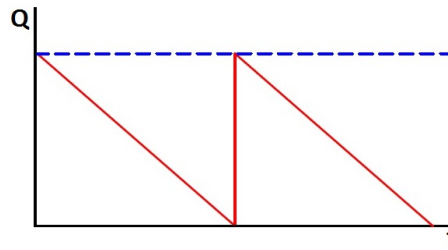


Figura 2.9: *EOQ* con lapsos de espera cortos entre pedidos

Fuente: Elaboración propia

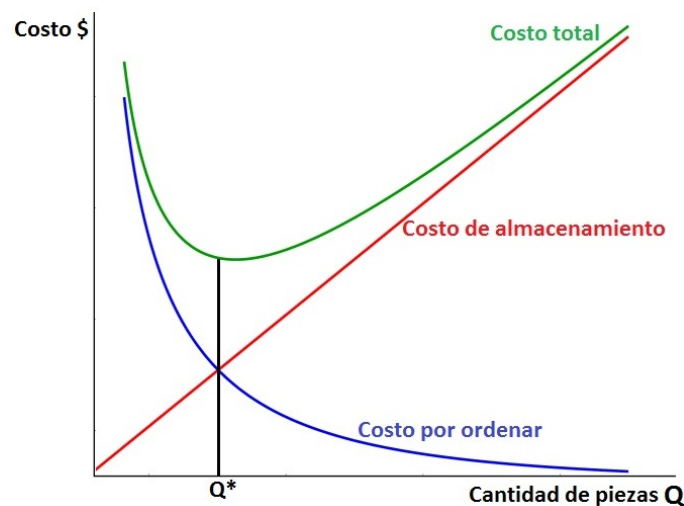
En cambio en la figura 2.10, en el mismo periodo de tiempo se lleva a cabo un pedido sólo 2 veces, debido a que el nivel de existencias desciende en un periodo de tiempo más largo a comparación con el gráfico de la figura 2.9.

El sistema de inventarios *EOQ* busca la minimización de costos. Una suposición del modelo, es que el proceso de suministro es perfecto. Sin embargo, los procesos reales a menudo no se ajustan a esa especificación; por lo tanto, las entregas, las cantidades o los tiempos de reabastecimiento pueden desviarse de los calculados (Skouri

Figura 2.10: *EOQ* con lapsos de espera largos entre pedidos

Fuente: Elaboración propia

et al., 2014). Cuando solicitar un pedido es más costoso que mantener existencias, la cantidad a pedir aumenta; en cambio, cuando el realizar un pedido es más barato que mantener el inventario, los pedidos aumentan y el almacenaje disminuye. Esto queda señalado en la figura 2.11, en donde de acuerdo a los costos de pedido y almacenamiento, se busca un equilibrio, para así encontrar la cantidad óptima de piezas a pedir con el propósito de satisfacer la demanda a lo largo de una año.

Figura 2.11: Determinación de cantidad de pedido modelo *EOQ*

Fuente: Elaboración propia

La técnica de cantidad económica de pedido es empleada cuando la demanda que se presenta es constante o con poca variación, en caso de no ser así, este modelo no resulta efectivo.

Dentro de la literatura se pueden encontrar adaptaciones hechas al modelo *EOQ*, para tener en cuenta otras situaciones que pueden presentarse (Aliyu y Sani,

2018; Khalilpourazari y Pasandideh, 2017; Sundara Rajan y Uthayakumar, 2017).

A pesar de la compensación que se hace entre costos de mantenimiento y de pedido, estos costos engloban cálculos que en la práctica son extensos de calcular, y el hecho de que la demanda no siempre es estable a lo largo de un periodo, son algunas de las limitantes para utilizar esta política.

2.5.2 REVISIÓN CONTINUA (s, S)

En la política de revisión continua (s, S) , cuando el nivel de inventario cae por debajo de un nivel s , se ordena la cantidad S que es el nivel máximo. En este sistema se pasa de un nivel mínimo, como el establecido s , hasta el valor máximo S . Una desventaja de este sistema es que puede ser muy susceptible a errores debido a que los tamaños de orden son variables y si no se tiene el cuidado de verificar los pedidos pendientes estos se acumulan y se tendrá exceso de productos. Al revisar continuamente el inventario de seguridad se limita a una protección que satisficará la demanda durante el lapso de espera a la reposición, L .

El objetivo de este sistema es minimizar el costo con respecto a la cantidad de pedido y al punto de reordenamiento. La política es una generalización del modelo *EOQ* donde el inventario es administrado por una cantidad de orden fija Q y un tiempo t de reorden fijo, sujeto a la demanda y costos de reabastecimiento (Nahmias y Olsen, 2015).

La política (s, S) como sistema de control de inventario ha sido aceptada teóricamente como la mejor para la gestión de mercancías con demandas bajas e intermitente (Sani y Kingsman, 1997). Debido a que en el caso de estudio se busca traer la mayor cantidad de artículos en un solo pedido, si se espera a que los distintos artículos caigan por debajo de un nivel s , probablemente cuando se coloquen los pedidos, habrá artículos que aún no llegan por debajo del nivel s , y podría caerse en el error de no ordenarlos a pesar de que brinden beneficios.

2.5.3 REVISIÓN CONTINUA (s, Q)

En este sistema, cada vez que el inventario efectivo es igual o menor al punto de reorden s , se ordena una cantidad fija Q , aunque en este sistema lo deseable es emitir un pedido cuando el inventario es aún adecuado para evitar un faltante durante el tiempo de reposición L (Vidal, 2017).

La cantidad fija puede ser ajustada en cualquier momento. Esto se observa gráficamente en la figura 2.12, donde s , es el nivel de reorden; Q , la cantidad a ordenar; LT , el tiempo de espera; D_{LT} , la demanda durante el tiempo de espera y SS , las existencias de seguridad. Cuando se cae al punto de reorden, las piezas restantes deben hacer frente a la demanda durante el tiempo de espera, para ello, son establecidas existencias de seguridad.

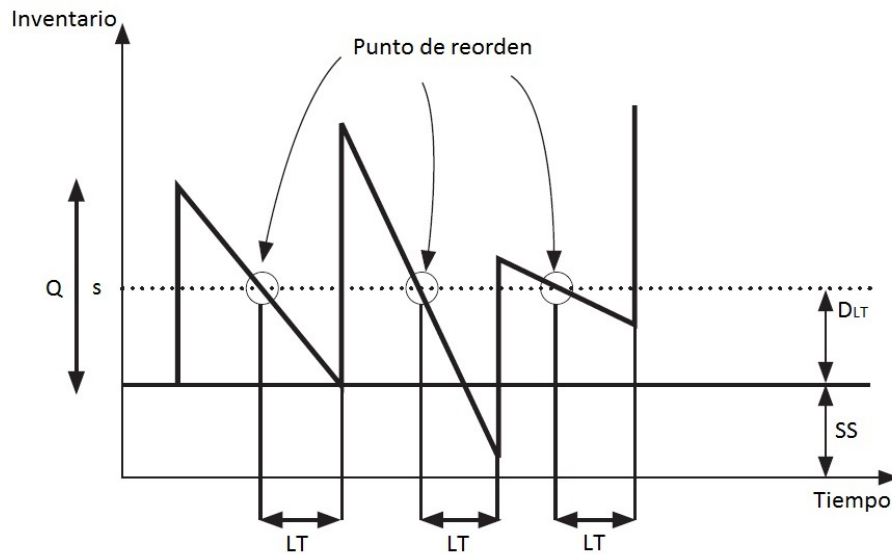


Figura 2.12: Ejemplo de un política de revisión continua (s, Q)

Fuente: Schmidt (2015)

Este tipo de política no se adapta a las necesidades de la empresa por el hecho de no poder efectuar el pedido de cada producto de manera simultánea porque las ventas de cada producto del catálogo se comportan diferente y llegan a un nivel s de inventario en un periodo diferente, por lo que no se llevaría a cabo la colocación de

pedidos a un mismo tiempo, para aprovechar al máximo la capacidad del contenedor.

2.5.4 RESPUESTA RÁPIDA (Q, r)

Es una de las técnicas más conocidas para la administración de inventario. El método determina una cantidad de producto necesaria hasta la próxima entrega (Anderson y Molin, 2017). Véase la ecuación (2.3) donde Q , es la cantidad a ordenar; d , es la demanda diaria y t es el lapso de espera hasta la siguiente entrega.

$$Q = d * t \tag{2.3}$$

El método QR se usa con mayor frecuencia cuando el intervalo entre la emisión del pedido y el de la entrega es corto. Si el costo de ordenar es alto, es mejor usar un método alternativo. Si la demanda es alta para un artículo o la unidad es de alto valor, hay más ventaja en el uso de QR (Zinn y Charnes, 2005).

El modelo de respuesta rápida queda descartado debido a que el lapso de espera por parte del proveedor no permite atender la demanda en un periodo corto en caso de desabasto, igualmente, en este modelo no se toma en cuenta la atención de nivel de servicio ni existencias de seguridad si se presentan variaciones en el tiempo de espera.

2.5.5 REVISIÓN PERIÓDICA (r, S)

El método de control de revisión periódica, el nivel es consultado cada r periodos de tiempo y se ordena una cantidad tal que el inventario suba al valor máximo, S . Este sistema permite el control y coordinación de diversos artículos de manera simultánea, pero requiere de un mayor número de piezas de seguridad. El nivel S puede ser ajustado si el patrón de demanda tiende a cambiar con el tiempo (Vidal,

2017).

En la figura 2.13 se observa un ejemplo de revisión periódica, en donde LT , es el tiempo de espera; r , el punto de revisión; S , el inventario ideal y SS representa las existencias de seguridad.

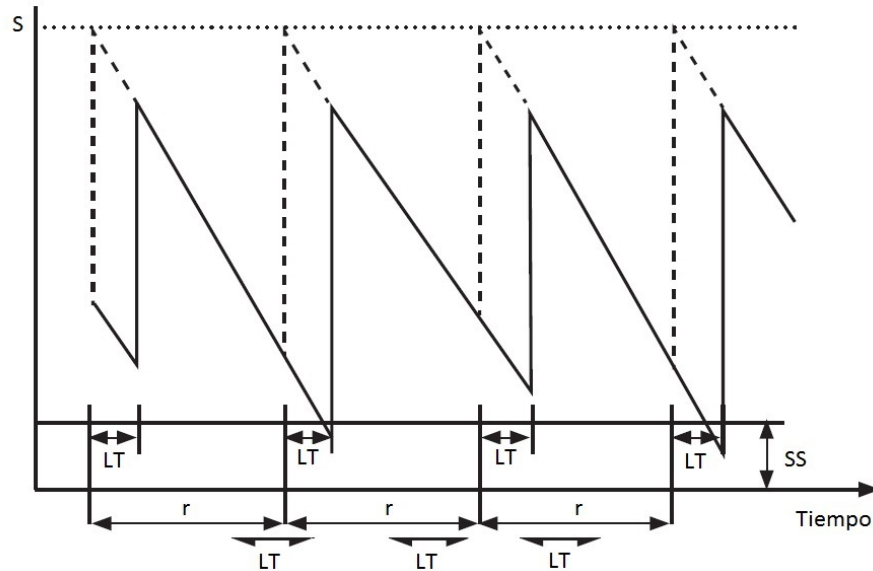


Figura 2.13: Ejemplo de una política de revisión periódica (r, S)

Fuente: Schmidt (2015)

En general, no se realizan esfuerzos entre los puntos de revisión a fin de mantener los registros actualizados. Un ejemplo podría ser el propietario de una tienda que decide controlar sus existencias una vez a la semana.

El método de revisión periódica debe mantener existencias de seguridad no sólo para el tiempo de entrega, sino también para el período de revisión (Axsäter, 2007). Este tipo de política es común entre las empresas más pequeñas que quizás no utilicen un sistema de seguimiento continuo o automatizado.

En una política de inventarios (r, S) se generan órdenes entre intervalos fijos de revisión r , para llegar al nivel S de inventario ideal, al cuál es posible llegar después del tiempo de entrega L (Vidal, 2017). Si el nivel inicial es u al comienzo de un período de revisión, hay dos posibles resultados :

- si $u < S$, entonces se ordenará la cantidad $S - u$.
- si $u \geq S$, entonces no se realiza pedido.

En el enfoque clásico, la relación entre el parámetro S (máximo nivel de inventarios) y el nivel de servicio es el que se muestra en la ecuación (2.4),

$$s = d(LT + t) + SS_1 \quad (2.4)$$

donde d , es la demanda media en una unidad de tiempo utilizada; t , intervalo de tiempo entre dos revisiones sucesivas (o de pedidos, en caso de que se realicen); LT , el tiempo de espera entre la revisión y la entrega del producto expresada; como SS_1 , las piezas de seguridad que puede ser expresado como se muestra en la ecuación (2.5),

$$SS_1 = Z\sigma_{d-LT,t} \quad (2.5)$$

donde Z , es el factor de seguridad que depende del nivel de servicio aplicado y el tipo de la distribución de ocurrencia de frecuencia de demanda; $\sigma_{d-LT,t}$, es la desviación estándar de la demanda en el tiempo igual a la suma del intervalo de revisión y tiempo de reposición.

Para calcular r se toma el valor propuesto por el modelo EOQ , contemplando el costo por revisar el inventario como se puede observar en la ecuación (2.6) (Mata, 2016):

$$R = \sqrt{\frac{2(k+j)}{hE(D)}} \quad (2.6)$$

donde j , es el costo por revisar el inventario y $E(D)$ es la variable aleatoria que representa la demanda durante el periodo.

Una estrategia (r, S) genera costos de almacenamiento más altos que una estrategia (r, Q) y suele ser más fácil de administrar, dado que los periodos de reabastecimiento son fijos.

2.5.5.1 REVISIÓN PERIÓDICA (r, s, S)

El método (r, s, S) es una adaptación del (r, S) . La revisión se lleva a cabo en un tiempo r , en donde se verifica el nivel del inventario y si es menor al nivel s , se realiza un pedido hasta llegar al nivel S de existencias, si aún no cae del nivel s no se realiza pedido.

La ecuación para calcular el nivel s es la presentada en (2.4) y para calcular el nivel S se utiliza la ecuación (2.7)

$$S = \sqrt{\frac{2dk}{fp}} \quad (2.7)$$

donde d , representa la demanda; k , el costo por realizar un pedido; f , es un factor de costo de oportunidad por mantener el producto en inventario y p , el costo al que es adquirido el producto (Mata, 2016).

El método de revisión periódica permitirá a la empresa realizar una comparación entre el nivel de inventario ideal y el actual en un periodo de revisión r . En este estudio, los artículos importados tienen un periodo de entrega similar, por lo cual la verificación de existencias puede ser la misma para toda la variedad de artículos y así facilitar tanto su revisión como colocación de pedido. Conforme el producto se venda, decaerá el inventario, por lo que se deberá implantar un nivel de existencias de seguridad enfocado al nivel de servicio que se desea dar (Chołodowicz y Orłowski, 2015).

Para este caso de estudio se considera como revisión de inventario al monitoreo en cuanto a entradas y salidas de producto, no en sí la revisión física constante, la

cual si es efectuada en la empresa, pero debido a que la empresa muestra la capacidad de conocer sus entradas y salidas de producto, mas no de llevar a cabo pedidos de mercancia eficientes, por lo que se contempla sólo el monitoreo de inventario con el uso de un programa informático y no una revisión física.

Esta política de inventario se muestra como la mejor opción para la empresa comercializadora de estudio, al establecer un periodo de revisión por igual a toda la mercancía. Con la clasificación propuesta se identifican los artículos estratégicos, a los que se les deberá dar un nivel de servicio y abastecimiento preferencial que permita atender la demanda durante el lapso de espera. Por otra parte, permite un control de inventarios uniforme para todo el catálogo de productos importados. Es necesario calcular los niveles de inventario de seguridad para cada producto y así fijar puntos de reorden y mercancía para mantener el nivel de servicio, el cálculo de esas existencias en seguridad se aborda a cotinuación.

2.6 INVENTARIO DE SEGURIDAD

Dentro de la cadena de suministro, al presentarse variación en la demanda y en los periodos de entrega extensos por parte de los proveedores, es común que las organizaciones establezcan un número n de piezas de seguridad como cantidad adicional para eventualidades que permitan atender la demanda de los clientes.

La determinación de puntos de reorden y existencias de seguridad son decisiones básicas. Los puntos de reorden revelancuándo hacer el pedido de determinado artículo del inventario y, brindan la posibilidad de ofrecer un buen nivel de servicio al tener disponible existencias de producto. Los puntos de reorden suman la demanda durante el lapso de entrega y las piezas de seguridad que se tienen para soportar variaciones en la demanda.

Fotopoulos *et al.* (1988) definen la demanda durante el ciclo de espera en la ecuación (2.8) donde, d_{LT} es la demanda durante el ciclo de espera; d_h la demanda

diaria t ; L , el Lapso de espera (número de días entre la colocación y recepción del pedido).

$$d_{LT} = \sum_{l=1}^L d_h \quad (2.8)$$

Las existencias de seguridad dependen de la variación de la demanda y de la probabilidad de que un valor dado de la demanda se presente durante el tiempo de reabastecimiento. Este concepto funciona en entornos en los que dicha demanda muestra un comportamiento con tendencia central. El inventario de seguridad se define partir de los datos de variación de la demanda y del nivel de servicio (Aguilar, 2012).

En la gráfica de la figura 2.14, podemos ver la necesidad de la integración de un inventario de seguridad en donde ocurre un cambio en la demanda o en el tiempo de espera, que detona la necesidad de un inventario de seguridad.

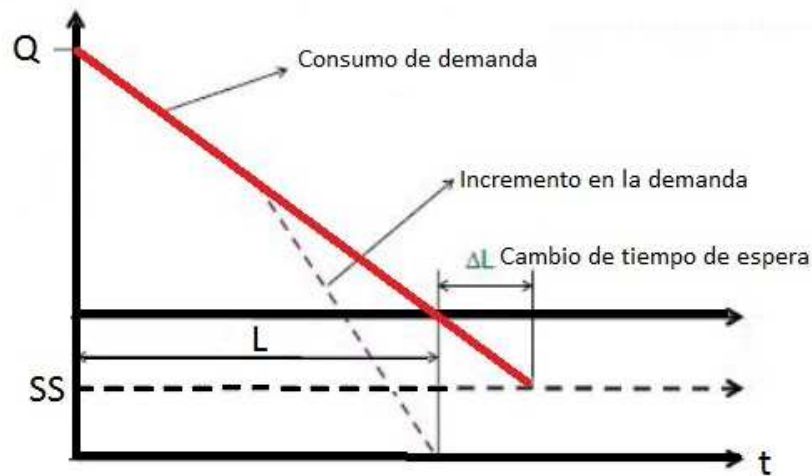


Figura 2.14: Causales del inventario de seguridad

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de existencias de seguridad (SS) queda establecida en la ecuación (2.9) como:

$$SS = Z\sqrt{E(L)\sigma_d^2 + E(D)\sigma_L^2} \quad (2.9)$$

donde $E(D)$, es la demanda diaria esperada; σ_d^2 , la varianza de la demanda diaria; $E(L)$, es el tiempo de espera supuesto; σ_L^2 , es la varianza del tiempo de entrega y Z , un punto porcentual de la distribución normal. Quedando el punto de reorden establecido por la igualdad (2.10) como:

$$PR = E(L)E(d) + SS \quad (2.10)$$

La obtención de un inventario de seguridad basado en el tiempo de reabastecimiento y en el nivel de servicio que se desee otorgar a los artículos estratégicos, permitirá que la empresa comercializadora sometida a estudio, no presente desabasto como ha estado ocurriendo, este inventario de seguridad además de soportar la probabilidad de demanda durante el tiempo de espera, necesita de artículos disponibles para el cliente, de acuerdo al nivel de servicio que se desee establecer.

2.6.1 RELACIÓN DEL INVENTARIO DE SEGURIDAD CON EL NIVEL DE SERVICIO

El nivel de servicio mide la fracción de la demanda del cliente que está satisfecha con inventario disponible y de igual forma es conocido como nivel de disponibilidad del producto (Man-Yi y Xiao-Wo, 2006).

Es por ello que el nivel de servicio se relaciona con las piezas en existencias de seguridad por medio de la ecuación (2.11) como:

$$SS = Z\sigma\sqrt{L} \quad (2.11)$$

donde, SS representan las existencias de seguridad; Z , variable normal que depende

del nivel de servicio (en las tablas de distribución normal podemos encontrar los valores de Z para el nivel de servicio que se desea dar); σ , es la desviación estandar de la demanda y L , el lapso de entrega.

La fórmula (2.11) es usada a menudo a fin de calcular el nivel de existencias de seguridad, es descrita por Schmidt *et al.* (2012) y Heizer *et al.* (2017) y supone que la demanda tiene una distribución normal.

Conocer la relación precisa que existe entre el nivel de servicio y el nivel de existencias disponibles, tiene importancia para gestionar la cadena de suministro y permite traducir en parámetros cuantitativos las decisiones sobre el nivel de servicio objetivo (Montes, 2009). El instaurar un nivel de servicio obliga a la empresa a tener un mayor número de artículos en inventario como margen de seguridad.

Al efectuar revisiones periódicas, se debe establecer un inventario de seguridad conforme a los lapsos de espera y existencias de mercancía como soporte hasta que se lleve a cabo el periodo de revisión. Con el propósito de determinar el nivel de servicio a asignar, es necesario documentarse con conceptos y herramientas de probabilidad y estadística, para entender de donde se obtiene el número que es establecido como nivel de servicio.

2.6.2 DISTRIBUCIÓN NORMAL

Una distribución de probabilidad describe la forma en que varían un grupo de muestras. Este tipo de análisis ayuda a predecir información y resulta un modelo útil para hacer inferencias y tomar decisiones. En una distribución de probabilidad continua, la variable que se está analizando puede admitir cualquier valor dentro de un intervalo dado y resulta una forma conveniente de presentar distribuciones que tienen muchos resultados posibles, todos muy cercanos entre sí (Levin y Rubin, 2011). En este caso, el valor continuo, se puede considerar como la demanda o las ventas a lo largo del periodo.

La distribución normal, describe con gran aproximación el comportamiento de las variables asociadas con muchos fenómenos de la naturaleza; por ejemplo las medidas de calidad de procesos industriales. El hecho de que un grupo de datos, en este caso las ventas de productos, sigan una distribución normal, facilita el análisis de su comportamiento ya que permite modelar y hacer estimaciones evitando cálculos cuantiosos. Gorgas *et al.* (2011) describen cuatro características principales de la curva de la distribución normal que se muestran en la figura 2.15 y se enlistan a continuación.

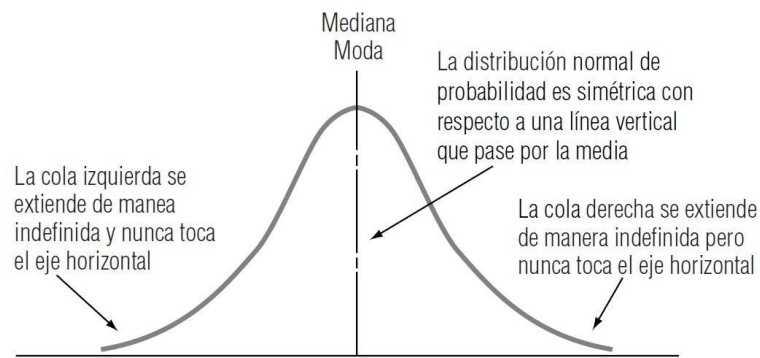


Figura 2.15: Curva de frecuencias para la distribución normal de probabilidad

Fuente: Gorgas *et al.* (2011)

1. La curva tiene un solo pico.
2. La media de la población distribuida cae en el centro la curva.
3. Debido a la simetría, la mediana y la moda se encuentran en el centro.
4. Las dos colas de la distribución se extienden indefinidamente y nunca tocan el eje horizontal.

Para definir una distribución normal de probabilidad se necesitan dos parámetros: la media μ , y la desviación estándar σ . La medida de la curva, dependerá de que tan continuos esten los valores entre ellos, mientras más cerca estén los valores, menor será la desviación estandar entre los datos, véase la figura 2.16.

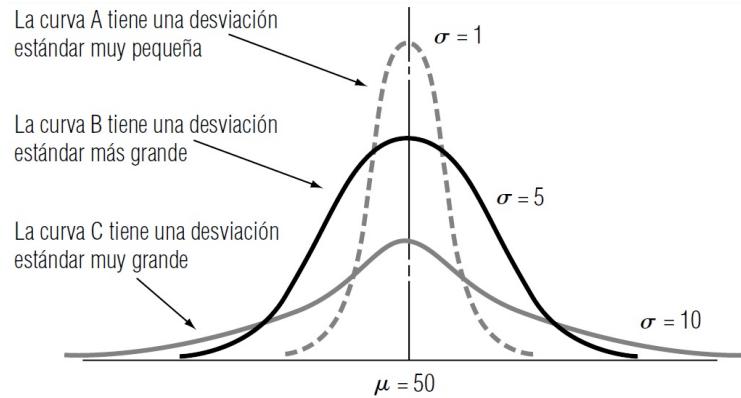


Figura 2.16: Distribuciones normales con diferentes desviaciones estándar

Fuente: Levin y Rubin (2011)

En una distribución normal, el área total bajo la curva es 1.00. En una curva normal encontramos 3σ a partir de la media, en total son 6σ a lo largo de la curva, pero cada uno de esas σ abarca un área diferente de la curva (véase la figura 2.17).

En la práctica, rara vez se utiliza un número exacto de desviaciones estándar. Las áreas bajo la curva normal son probabilidades y hay tablas estadísticas que indican las porciones contenidas dentro de cualquier número de desviaciones estándar.

Véase la ecuación (2.12) donde Z , es el número de desviaciones estándar que hay desde x a la media de la distribución; x , representa el valor de la variable aleatoria que nos preocupa; μ , la media de la distribución de la variable aleatoria y σ la desviación estándar de la distribución (Levin y Rubin, 2011).

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (2.12)$$

Para saber si un grupo de datos presenta una distribución normal, dentro de la literatura encontramos pruebas que permiten saber si un conjunto de datos corresponde a este tipo de distribución. Esto es importante, para comprobar si los datos de las ventas o demanda corresponden a este tipo de distribución y facilitar el análisis del comportamiento de las ventas.

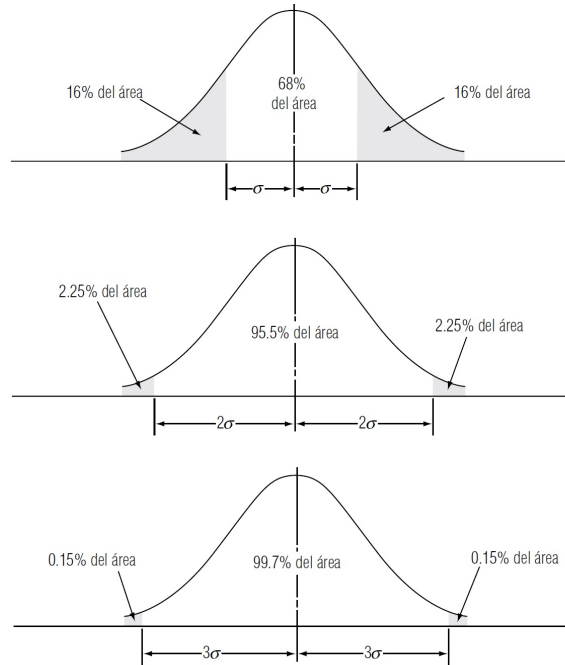


Figura 2.17: El área bajo la curva normal y la distancia a la media

Fuente: Levin y Rubin (2011)

2.6.2.1 PRUEBAS DE NORMALIDAD

Entre las pruebas de normalidad más usadas para determinar si un grupo de datos cuenta con esta distribución están las regresiones y pruebas empíricas. De acuerdo a Razali y Wah (2011), las pruebas de normalidad más comunes son las de Shapiro-Wilk (*SW*), Kolmogorov-Smirnov (*KS*), Anderson-Darling (*AD*) y Lilliefors (*LF*) y hacen el análisis entre las pruebas mencionadas en donde se respaldan los hallazgos de Keskin (2006); Mendes y Pala (2003) que denotan a la prueba (*SW*) como la prueba más poderosa para determinar si una distribución de datos es normal.

La fórmula para el cálculo de la prueba de *SW* descrita por Shapiro y Wilk (1965) se muestra en la expresión (2.13)

$$W = \frac{A^2}{ns^2} \quad (2.13)$$

donde W , es el estadístico SW calculado y A^2 queda definido por la igualdad (2.14).

$$A^2 = \left[\sum_{i=1}^h a_{j,n} (x_{j-n+1} - x_j) \right]^2 \quad (2.14)$$

donde A^2 es el cuadrado de la sumatoria desde $i = 1$ hasta h (las cantidad de muestras sometidas a la evaluación) de los coeficientes a_{jn} (se encuentran en tablas estadísticas de SW); que son multiplicados por el cuadrado de la resta de los valores ordenados de mayor a menor, x_{j-n+1} ; con los ordenados de menor a mayor, x_j ; h , se expresa como $\frac{n}{2}$ si es par, o $\frac{n-1}{2}$ si h es impar.

Por otro lado ns^2 , queda definida como la ecuación (2.15)

$$ns^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \quad (2.15)$$

que es la sumatoria desde $i = 1$ hasta n del cuadrado de las diferencias entre las observaciones x_i y la media \bar{X} . Dicho análisis es recomendado para probar la normalidad con menos de 50 datos.

Yap y Sim (2011) denotan a la prueba de SW como la mejor en muestras menores a 50 datos; después de está destacan la prueba de AD , que es una prueba en función de la distribución empírica, como la segunda mejor alternativa, esto lo confirman Pedrosa *et al.* (2015) quienes sugieren el uso de la prueba de AD para el análisis efectivo de muestras menores a 30. La prueba de AD queda definida en la igualdad (2.16).

$$AD^2 = n - FA \quad (2.16)$$

donde AD n es igual el número de observaciones y FA queda definida en la ecuación (2.17).

$$FA = \sum_{i=1}^n \frac{2i-1}{n} [\ln F(Y_i) + \ln(1 - F(Y_{n+1-i}))] \quad (2.17)$$

donde FA , es la sumatoria desde $i = 1$ hasta n del producto de $\frac{2i-1}{n}$; n , es el número de observaciones; i , la iteración del dato en el que se hace la prueba; $F(Y)$, representa la distribución de probabilidades acumulada normal con media y varianza especificadas a partir de la muestra; Y_i , los datos ordenados de menor a mayor; mientras que Y_{n+1-i} son los datos ordenados de mayor a menor.

Otra prueba de distribución de normalidad es la de Kolmogorov-Smirnov, que es una de las pruebas más antiguas introducida en primera instancia por Smirnov (1936) (véase la ecuación (2.18)).

$$KS = \max\{|H_{i-1} - F_i|, |H_i - F_i|\} \quad (2.18)$$

donde la prueba KS cuantifica la distancia entre la función de distribución empírica de la muestra y la función de distribución normal estándar.

Las pruebas de normalidad suelen basarse en hipótesis estadísticas, las cuales presentan un nivel de significación asociado a la verificación de la hipótesis. La hipótesis nula denotada por H_0 , es la que se supone cierta. La hipótesis alternativa, suele ser denotada por H_a o rechazo de la hipótesis H_0 . La hipótesis nula será rechazada en favor de la alternativa sólo si la evidencia muestral sugiere que H_0 es falsa (Devore, 2015).

Dentro de las pruebas de hipótesis existen dos tipos de errores, el tipo 1: rechaza la hipótesis nula cuando es verdadera y el tipo 2: acepta H_0 cuando es falsa. En el tipo de error 1, el nivel de significación, α , tiene relación con la probabilidad p , que se asume de equivocarse al rechazar la hipótesis nula, cuando en realidad es cierta. Este riesgo se establece normalmente en 0.05, 0.01 y 0.1 en las pruebas de normalidad efectuadas en la práctica (Yap y Sim, 2011; Razali y Wah, 2011; Ahmad y Khan, 2015; Pedrosa *et al.*, 2015).

- Si $p \leq \alpha$ se considera significativo, en cuyo caso se rechaza la hipótesis nula.
- Si $p > \alpha$ se considera no significativo por lo que no se rechaza la hipótesis nula.

Conocer las fórmulas que determinan si los datos históricos de venta siguen una distribución normal, permitirá hacer los cálculos del nivel de servicio e inventario de seguridad que se desea proponer con el fin de identificar y darle mayor importancia a los productos estratégicos.

2.7 USO DE MODELOS MATEMÁTICOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

La cadena de suministro gestiona las relaciones entre proveedores y clientes con el fin de entregar bienes con un valor agregado y al menor costo. Con el propósito de lograr esto, se lleva a cabo el proceso logístico de gestionar estratégicamente la adquisición, movimiento y almacenamiento de materiales así como los flujos de información relacionados con estas actividades a través de las organizaciones y sus canales de comercialización, de manera que la rentabilidad actual y futura de las empresas sea sostenible (Christopher, 2016).

Hasta ahora se ha visto como desarrollan las políticas de clasificación multicriterio, determinación de revisión periódica del inventario, establecimiento de inventario de seguridad e inventario para mantener el nivel de servicio, pero parte importante es reflexionar el cómo se implementa el control y determinación de artículos a importar valorando el beneficio que conlleva traer dichos productos y es aquí donde la investigación de operaciones (*IO*) se presenta como una buena opción.

La *IO*, deriva de los estudios de George Dantzing, quien inventó el método simplex para resolver ejercicios de optimización lineal. Aunque en sus orígenes tenía aplicaciones militares, esta es de interés a investigadores y profesionistas de matemáticas,

ingeniería y administración, que comenzaron a estudiar metodologías de solución con el propósito de resolver problemas de diferentes características (González Velarde y Ríos Mercado, 1999).

En investigación de operaciones no se cuenta con una técnica general o única de resolución para los problemas que puedan surgir en la práctica, pero entre las técnicas más utilizadas están la programación lineal, programación entera, programación dinámica, programación de red, programación no lineal e igualmente se determinan soluciones mediante algoritmos y si se abandona la búsqueda de la solución óptima, existen la heurística y metaheurística, las cuales brindan aproximaciones (Taha, 2012).

Los tres componentes de un modelo en IO se ilustran en 2.18, en donde para dar solución a un problema se toman en cuenta alternativas, criterios y restricciones.

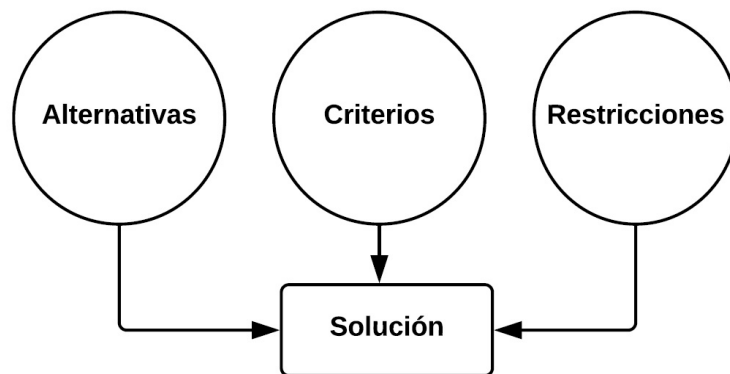


Figura 2.18: Componentes de un modelo de investigación de operaciones

Fuente: Elaboración propia

Con el apoyo de la investigación de operaciones, se busca establecer un modelo que determine, cuáles son los artículos que deberán importarse. Para esto, se analiza una de las herramientas utilizadas en la optimización de operaciones, el problema de optimización combinatoria.

2.7.1 PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN COMBINATORIA

El término optimizar significa encontrar la mejor solución posible para un determinado problema. Los problemas de optimización buscan encontrar el valor de una variable de decisión para que una función objetivo alcance su valor máximo o mínimo, en donde las variables están sujetas a restricciones (Cunquero, 2003).

Abordando el problema desde la perspectiva del caso de estudio, el problemas de optimización combinatoria se resumiría en dos situaciones:

1. Un conjunto de objetos que se deben colocar o no en distintas posiciones.
2. El lugar en donde se deben colocar los objetos.

La optimización combinatoria es la búsqueda de un objetivo: la mejor configuración o, multiobjetivo cuando busca satisfacer más de una configuración (Sánchez, 2000). La colocación de los objetos designados es nombrada configuración.

Como ejemplo de un problema de optimización, tenemos el problema de la mochila, que tiene como fin determinar los objetos que otorguen el mayor rendimiento al ser colocados en la mochila o recipiente de almacenamiento, en donde la complejidad para la resolución del problema aumenta conforme aumenta el numero de variables (Zitzler y Thiele, 1999). Dicho problema se ilustra en las ecuaciones (2.19) y (2.20)

$$\sum_{i=1}^n p_i x_i \leq v \quad (2.19)$$

$$\text{máx} \rightarrow \sum_{i=1}^n b_i x_i \quad (2.20)$$

donde p_i , es denotado como el peso del producto i ; x_i , es la variable por cada objeto i ; ambos son producto de la sumatoria desde $i = 1$ hasta n , los cuales no deben

rebasar a v , denotada como la capacidad de la mochila; b_i , se presenta como el beneficio obtenido por ingresar el producto i en la mochila y la ya mencionada x_i es la variable representada por cada objeto i .

Aunque algunos problemas de optimización son fáciles de resolver, muchos otros no, de hecho la mayor parte de los ejercicios prácticos entran en esta categoría. La idea del problema «difícil de resolver» queda reflejada en el término científico *NP-hard*, en donde encontrar la mejor solución posible en un lapso computacional razonable no se puede asegurar (Cunquero, 2003).

Los problemas se catalogan como fáciles o difíciles y los algoritmos en exactos, cuando existe la garantía de encontrar la solución óptima, o completos y de aproximación, en donde sólo se puede afirmar encontrar una solución aceptable, no necesariamente óptima (Blum y Roli, 2003).

El problema de la mochila sirve como ejemplo a fin de ilustrar como el beneficio es un factor de decisión sobre qué bienes importar o no. En el caso de estudio se toman en cuenta las capacidad tanto en volúmen como en peso de un contenedor para importar la mercancía que presente una mejor bonificación al ser comprada y transportada hasta México. En este proyecto se busca que el beneficio sea establecido en base a políticas de administración de inventarios.

2.8 EL PROBLEMA DE CARGA DE CONTENEDOR

Con la finalidad de realizar un pedido, la empresa opta por importar un contenedor con la variedad de artículos que desea abastecer, buscando que el contenedor llegue al límite de su capacidad. Se debe elegir meticulosamente cuáles son los productos que tienen un mayor beneficio, para que sean éstos los que se envíen, pero, los modelos de optimización para llenar contenedores pueden ser complejos y diversos de acuerdo a las características que se aborden (Rashidi y Tsang, 2013).

El problema de carga de contenedor, *CLP* (por sus siglas en inglés, *Container Loading Problem*) comenzó a ser estudiado en la década de los 80's por Liu y Chen (1981).

En el *CLP* se tienen n diferentes tipos de cajas rectangulares tridimensionales y se requiere cargarlas en un contenedor tridimensional de tamaño conocido.

Dicho problema se puede clasificar basado en el número de cajas distintas; cuando hay un solo tipo de caja (homogéneo), con cajas de diversos tamaños pero relativamente pocos tipos de tamaños (débilmente heterogéneo), y problemas en los que ya hay un mayor número de cajas distintas entre sí (muy heterogéneo). Cuando las cajas son del mismo tamaño, el problema se reduce al problema de carga de palets, *PLP*, (por sus siglas en inglés *Pallet Loading Problem*) (Wäscher *et al.*, 2007).

Dyckhoff (1990), uno de los primeros autores en abordar este tema, propone que hay dos dilemas principales de carga de contenedores: uno consiste en maximizar la utilización del volumen de los contenedores, buscando utilizar todo el volumen del contenedor y el segundo problema consiste en minimizar la cantidad de contenedores usados.

El problema de la carga de contenedores consiste en las posibles combinaciones geométricas que pueden ser realizadas para la colocación de las cajas o tarimas en los contenedores (véase la figura 2.19).

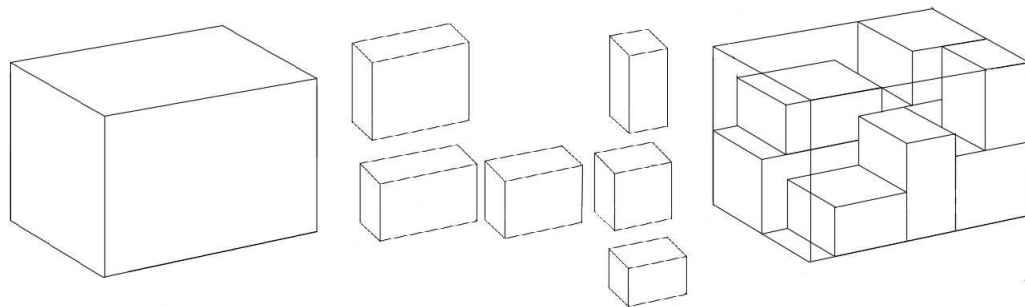


Figura 2.19: Problema de carga de contenedor

Fuente: Elaboración propia

Considerando las limitaciones propias del tamaño de contenedor, como el peso

que puede soportar, existen restricciones como la fuerza de carga, estabilidad de carga, prioridad del envío y distribución de peso, por otra parte están las restricciones de agrupación de artículos, situaciones de varias entregas, restricciones de orientación de la caja, manejo de tamaño y peso de los artículos, separación de artículos dentro de un contenedor, prioridades de envío y complejidad del manejo de la carga (Bischoff y Ratcliff, 1995).

El problema de carga del contenedor ha sido resuelto con métodos heurísticos por George y Robinson (1980); Bischoff y Ratcliff (1995), metaheurísticos de Gehring y Bortfeldt (1997); Bortfeldt y Gehring (2001), por el método de árbol de búsqueda de Pisinger (2002); métodos de programación no lineal de Birgin *et al.* (2005); e inclusive métodos de análisis cualitativo y multicriterio como el de Lahdelma *et al.* (2003), entre otros.

Entre las restricciones que son tomadas en el problema de carga del contenedor, se menciona la restricción de prioridad de envío. Dicha restricción es tomada en cuenta en el caso de estudio, está será determinada por el beneficio actualizado de traer cada producto. Mientras mayor sea el beneficio de traer cierto producto, mayor prioridad tendrá el que ese artículo sea importado. En la literatura encontramos expuesto el problema del contenedor con prioridad de envío, del cuál se amplía la reseña subsiguientemente.

2.8.1 EL PROBLEMA DE CARGA DE CONTENEDOR CON PRIORIDAD DE ENVÍO

Una de las actividades que se deben de realizar en una cadena de suministro eficiente para la colocación de pedidos de productos con tiempo de espera largo, es la priorización de mercancías que sean estratégicas. Hay situaciones en las que el envío de ciertos artículos es más importante, debido al ciclo de vida, criticidad y costos en general, por lo que dichos factores deben ser tomados en cuenta.

En problema de carga del contenedor con prioridad de envío, *CLPSP* (por sus siglas en inglés *Container Loading Priority Shipment Problem*) de Ren *et al.* (2011) es similar a los algoritmos existentes de Eley (2002) y Moura y Oliveira (2005) que toman en cuenta condiciones para empacar los artículos en el contenedor, por ejemplo:

- Cada caja se coloca dentro y completamente del contenedor.
- Cada elemento no se superpone con otro elemento.
- Los artículos son compatibles unos entre si.
- Las cajas se pueden rotar entre si.

En el *CLPSP*, cada elemento tiene una prioridad alta o baja y el objetivo es maximizar el volumen bajo la restricción de que los artículos de alta prioridad no se queden atrás.

Ren *et al.* (2011) proponen una heurística codiciosa donde el contenedor se coloca en un sistema de coordenadas tridimensional y las cajas pueden adoptar seis posibles orientaciones, obedeciendo 4 restricciones. Como se muestra en la figura 2.20 donde sl , sw y sh son la longitud, ancho y altura de un espacio S , respectivamente il , iw e ih las dimensiones de los elementos y N el número de artículos del tipo dado.

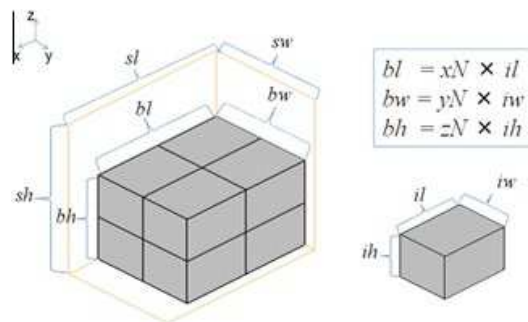


Figura 2.20: Contenedor ubicado tridimensionalmente

Fuente: Ren *et al.* (2011)

Esta investigación toma en cuenta el peso y los volúmenes de las cajas en las cuáles se enviarán las autopartes como una variable de decisión para el abastecimiento; factores como el acomodo de las cajas y otras restricciones que son mencionadas en este y el apartado de 2.8, no pueden ser controladas por la empresa. Por lo que únicamente se toma los dos parámetros que se mencionan, para que a partir de estos, se pueda hacer el cálculo de qué artículos son los que conllevan a la empresa un mayor provecho al ser ordenados.

2.9 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO DE ANTECEDENTES

Se han identificado dos tareas clave para asegurar una eficaz emisión de pedidos con tiempo de espera largo: anteponer mercancías estratégicas y una gestión eficiente de los inventarios.

En las secciones anteriores se han sentado las bases con la finalidad de ejecutar las dos actividades mencionadas, presentando a la clasificación multicriterio como una opción, donde mercancías con distintas características como margen, volumen y variabilidad de ventas, pueden ser catalogadas para fijar niveles de servicio y políticas eficientes de inventarios (Babai *et al.*, 2015).

En cuanto a las técnicas de control de inventarios, hemos visto que en la política de control de inventarios de revisión periódica, donde el período de revisión es fijo y la cantidad de la orden es variable se encuentra como una opción viable para efectuar el control de todo el catálogo de productos importados. La necesidad de establecer un nivel de inventario de seguridad enfocado al nivel de servicio que se desea dar fue abordado del mismo modo en el documento.

En esta investigación se busca un beneficio actualizado basándose en el monitoreo de las ventas; conociendo el movimiento de los inventarios y realizando una

clasificación del producto de acuerdo a su relevancia, para así asignar un parámetro de beneficio a cada producto que se desea importar: conforme el producto se va agotando y de acuerdo a su clase, el provecho de traer puede ser mayor. En cambio, cuando el producto está cerca de su inventario ideal y es un bien de menor relevancia, se tendrá un valor de beneficio menor.

Se han sentado los principios teóricos que permitirán dar una solución al problema de colocación de pedidos con tiempos de reabastecimiento largos, teniendo en cuenta por un lado, la parte de control y políticas de inventario y por el otro, una herramienta matemática de optimización combinatoria con el objetivo de definir los artículos que se importarán, tomando como regla que los artículos con mayor beneficio son los que tendrán prioridad de ser importados. Dicha información sirve para implementar la metodología de la solución para el problema de la colocación de pedidos de la empresa y será explicada en el capítulo de 3.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

En este capítulo se explica la metodología de solución propuesta para la colocación eficiente de pedidos con tiempo de espera largo. Se describe el proceso de solución para la problemática a partir de la revisión de literatura mostrada en el capítulo 2. Se describe el procedimiento que permitirá encaminar la investigación a la resolución exitosa del estudio de caso, para posteriormente en el capítulo 4 verificar la viabilidad de la metodología mostrando los resultados que arroja.

3.1 FASE 0: DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA Y REVISIÓN DE LA LITERATURA

La investigación inicia con la identificación de la problemática que se abordará y con base a ello se realizó una revisión de la literatura sustentada en información sobre conceptos, definiciones y problemáticas similares encontradas en artículos de investigación, libros y estadísticas de información. A partir de la información consultada se realizó la delimitación de la es conveniente para la solución de la problemática. Una vez que se depura el contenido útil del que no lo es, se genera la pregunta ¿cómo se puede mejorar el abastecimiento de productos importados con tiempo de espera largo considerando el volumen y peso que soporta un contenedor y, pidiendo los que

brinden un mayor beneficio competitivo y monetario a la empresa al ser adquiridos? todo lo anterior da inicio al proceso metodológico.

3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA

Una vez superada la fase 0, la metodología está compuesta por tres fases más, las cuales se muestran en la figura 3.1.

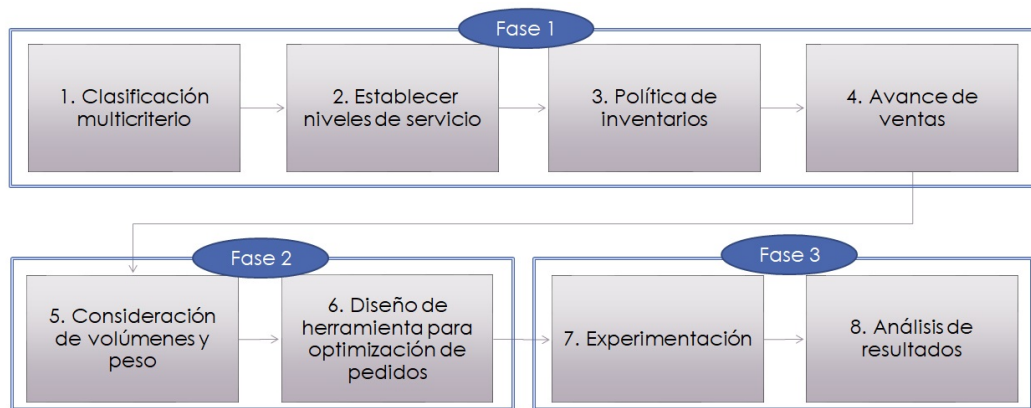


Figura 3.1: Estructura de la metodología para el caso de estudio

Fuente: Elaboración propia.

La Fase 1: Determinación de políticas, donde se lleva a cabo establecimiento de los parámetros para establecer el beneficio de llevar a cabo el pedido de cada uno de los artículos. Fase 2: Modelación del problema: está compuesta por la consideración de volúmenes y peso tanto de las piezas como del contenedor en el que serán enviadas así como un modelo matemático de optimización. Fase 3: Experimentación y análisis: arrojará los resultados que se obtienen al seguir esta metodología. En los siguientes apartados se dará la información arrojada al seguir el proceso metodológico.

3.3 FASE 1: DETERMINACIÓN DE POLÍTICAS

Esta fase está compuesta por cuatro pasos, los cuales se mostraron en la figura 3.1:

- Paso 1: Clasificación multicriterio.
- Paso 2: Establecer niveles de servicio.
- Paso 3: Política de inventarios.
- Paso 4: Avance de ventas.

A continuación se detallan las acciones a seguir en cada una de ellas.

3.3.1 PASO 1: CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO

En este proceso la mercancía importada será clasificada tomando en cuenta 3 criterios:

- *Clasificación ABC*. Basada en el principio de Pareto y ordenando la información de ingresos por venta de producto de forma descendente, es decir los que son más vendidos y/o generan más ingresos por venta, serán clasificados como A.
- *Clasificación XYZ*. Calculando el coeficiente de variación de las ventas de cada artículo y ordenando los valores de forma ascendente, comenzando con el menor coeficiente de variación de ventas. Los productos que presenten una uniformidad mayor en cuanto a sus ventas, quedarán clasificados con una mayor importancia y etiquetados con X.

- *Clasificación 123.* Estructurando en orden descendente las cifras obtenidas por factor de ganancia dando importancia a la mercancía que genera un mayor porcentaje de ganancia, los cuales quedarán en una mejor clasificación, en este caso la 1.

3.3.2 PASO 2: NIVELES DE SERVICIO

Conforme a las clasificaciones de productos obtenidas, éstas serán agrupadas en tres niveles de servicio, dando mayor interés a los que queden en el nivel 1, una importancia moderada a los que queden en el nivel 2 y un peso menor a los que se ubiquen en el nivel 3.

Esta clasificación de niveles será de utilidad cuando más adelante, y dentro de la metodología se determinen las existencias de seguridad, de acuerdo con el nivel de servicio que se quiere dar.

3.3.3 PASO 3: POLÍTICA DE INVENTARIOS

En este apartado se determina la política de inventarios adecuada conforme al análisis del comportamiento de los productos, este se divide a su vez en 3 procesos:

- *Prueba de normalidad en los datos históricos de venta.* Esta se realiza con el fin de verificar que en los datos históricos de ventas siguen una distribución normal para proceder con la utilización de políticas de inventario propuestas. Se hará el análisis de datos por medio de las pruebas de normalidad Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov. Completado este proceso, se pasa al siguiente.
- *Política de inventarios.* Determinando con las fórmulas vistas en la revisión de la literatura el nivel máximo de inventario y el punto de reorden, y efectuando un modelo de revisión periódica al inventario.

- *Existencias de seguridad.* Acorde al nivel de servicio otorgado se determinará cuáles son las existencias de seguridad que se deben de tener, valorando las ventas que se espera cerrar durante el tiempo de espera.

3.3.4 PASO 4: AVANCE DE VENTAS

Este apartado se toma en cuenta el avance en las ventas, por lo tanto, para el uso de la herramienta será necesario actualizar las salidas de producto. El objetivo es conocer cuales empiezan a disminuir en inventario, mientras existe un mayor avance en ventas, es decir, se agota determinado producto, mayor será el beneficio de pedirlo. El avance deberá de ser actualizado, este uno de los factores que determina si ya se debe de realizar el pedido.

3.4 FASE 2: MODELACIÓN DEL PROBLEMA

Esta fase está compuesta por dos pasos (vistos en la figura 3.1):

- Paso 5: Consideraciones de volumen y peso.
- Paso 6: Diseño de herramienta para la optimización de pedidos.

El paso 5 actúa como interfaz o filtro (véase figura 3.2), es decir, para realizar la modelación matemática que determine qué productos es más costeable importar, debe ser tomado en cuenta el peso y volumen de las cajas, suponiendo que en una caja puede contener varias piezas y no sólo una. De la misma forma se aprecia la capacidad en peso y volumen de un contenedor de 40 pies, uno de 20 pies y el de una tarima, brindando a la empresa otras dos opciones de pedido, alternativas a las ya empleadas.

Esta fase es importante ya que, aunque se conozca el nivel máximo de inventario, el punto de reorden, las existencias de seguridad, el avance de ventas y por tanto la identificación de beneficios que representa cada artículo, esta información debe enlazarse con la del volumen y peso que representan las cajas y las piezas que en ellas son depositados, para que así, el modelo matemático determine cuáles artículos son los que conllevan un mayor provecho al ser importados.



Figura 3.2: Unificación de la información para el diseño de la herramienta

Fuente: Elaboración propia.

3.4.1 PASO 5: CONSIDERACIONES DE VOLUMEN Y PESO

En este proceso se toma en cuenta el volumen y peso que representa cada uno de los productos. La variedad es extensa y cada uno de los productos tiene dimensiones y características diferentes. Por ejemplo, una caja puede contener 50 piezas de producto x y pesar 13 kg, pero otra caja puede contener 10 productos y y pesar 20 kg.

Conocer la información de los pesos y volúmenes de las cajas va a ser de ayuda a los tomadores de decisiones para que, al momento de realizar un pedido, sea de su conocimiento este factor y estén conscientes de que cuando se alcance un avance alto

en ventas, se cubra la capacidad de un contenedor, y tomando en cuenta el tiempo de espera, se pueda determinar el momento adecuado para realizar un pedido.

El paso 5 se conforma de 3 secciones:

- *Determinación del volumen de las cajas y contenedores.* Conociendo el largo, ancho y alto de las cajas con producto, se determinará el volumen que una caja ocupa, considerando la cantidad de piezas contenidas en ella, y la la capacidad en volumen de los contenedores y tarima.
- *Piezas en cada caja.* Se supone que en una caja sólo se puede contener un mismo tipo de producto. Conociendo su capacidad de contener cierta cantidad de artículos, las cajas a pedir pueden ser deducidas a partir de ese dato.
- *Peso de cada caja y contenedores.* Este es un valor que debe ser conocido basado en especificaciones brindadas por los proveedores, pero es de importancia saber que la suma del peso de la mercancía solicitada, no debe rebasar la capacidad en peso de los contenedores, por lo que se toma en cuenta la capacidad de carga de los contenedores y tarima.

Con esta información se podrán conocer las capacidades en volumen y peso tanto en las cajas de producto como en los contenedores. Se tendrán los datos de los conjuntos para la modelación matemática en la siguiente etapa de la metodología.

3.4.2 PASO 6: DISEÑO DE HERRAMIENTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PEDIDOS

A fin proceder la etapa del diseño de herramienta para la optimización de pedidos, será necesario llevar a cabo 2 procesos:

- *Modelo matemático de optimización.* Formular el modelo que determinará qué artículos solicitar.

- *Unificación de la información.* Se deberá unir en un solo cuerpo la información del nivel de servicio de cada producto, su inventario ideal, el punto de reorden, su avance en ventas, los volúmenes y los pesos. Esto lo determina el beneficio de hacer el pedido de cada producto; a su vez, integrar el modelo matemático, verificando que toda la información esté contenida en una sola entidad para su manejo y análisis.

3.4.2.1 MODELO MATEMÁTICO DE OPTIMIZACIÓN

A continuación se muestra la formulación del modelo matemático que determinará cuáles son los bienes que deben ser pedidos, estableciendo que lo que se desea es que en el contenedor se coloque la mayor cantidad de artículos y a su vez sean seleccionados los que representen un mayor beneficio. Dentro de la formulación del modelo se presentan los supuestos, conjuntos, parámetros, variables, función objetivo y restricciones; estos se describen detalladamente a continuación.

Supuestos

- Se conoce la capacidad en volumen y peso de los contenedores de 20 y 40 pies y el de una tarima.
- Se conoce el volumen y peso de las cajas con productos.
- Se conoce el beneficio actualizado de pedir cada producto.

Conjuntos

I Tipo de contenedor: 20 pies, 40 pies, 1 tarima.

J Producto.

Parámetros

- q_i Capacidad del contenedor i en volumen.
 p_i Capacidad del contenedor i en peso.
 b_j Volumen del producto j .
 a_j Peso del producto j .
 c_j Beneficio actualizado de traer el artículo j .
 l_j Lote mínimo de pedido para el producto j (si no hay, $l_j = 0$).
 r_i Porcentaje mínimo de capacidad en volumen del contenedor i r_i .
 d_j Demanda del producto j .

Variables

- x_{ij} Entera: cantidad de cajas j a llevar en el contenedor i .
 y_i Binaria: 1 si se emplea el contenedor tipo i ; 0 en caso contrario.

$$\max \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_j x_{ij} \quad (3.1)$$

$$\sum_{j \in J} a_j x_{ij} \leq p_i \quad \forall i \quad (3.2)$$

$$r_i q_i y_i \leq \sum_{j \in J} b_j x_{ij} \leq q_i y_i \quad \forall i \quad (3.3)$$

$$l_j y_i \leq x_{ij} \leq d_j y_i \quad \forall i, j \quad (3.4)$$

$$\sum_{i \in I} y_i = 1 \quad (3.5)$$

$$x_{ij} \in \mathbb{Z}^+ \quad \forall i, j \quad (3.6)$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \quad (3.7)$$

La expresión (3.1) maximiza la cantidad de artículos que representen un mayor beneficio al ser solicitados; la restricción (3.2) asegura que el peso de las cajas se-

leccionadas no rebase la capacidad en peso del contenedor; la expresión (3.3) revela que el contenedor debe estar lleno en al menos un porcentaje de su capacidad para que el pedido pueda ser colocado y a su vez que el volumen no exceda la capacidad del contenedor; la restricción (3.4) indica que se debe contemplar el lote mínimo de pedido de producto si lo hay y que este no debe exceder a la demanda del producto; la expresión (3.5) muestra que se debe de solicitar un solo contenedor, ya sea el de 20 pies, el de 40 pies o la tarima. Las expresiones (3.6) y (3.7) son las conocidas como restricciones lógicas.

3.4.2.2 UNIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La unificación de la información obtenida en los pasos del 1 al 5 y el modelo matemático, se ejecutará en una hoja de cálculo, en donde se actualizará el avance en ventas a fin de tener una actualización del beneficio de traer o no cada artículo, esto para el manejo integro de todos los datos.

3.5 FASE 3: EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS

En esta fase se comprobará la funcionalidad de la herramienta alimentándola con datos para realizar el análisis de efectividad y está dividida en dos pasos (véase la figura 3.1):

- Paso 7: Experimentación.
- Paso 8: Análisis de resultados.

3.5.1 PASO 7: EXPERIMENTACIÓN

En este proceso se alimenta a la herramienta con información con el propósito de verificar la veracidad de los datos obtenidos por medio de diversas experimentaciones para posteriormente, realizar su análisis.

3.5.2 PASO 8: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Conforme a los resultados que arroje la experimentación; se realiza el análisis de la efectividad de la herramienta, para obtener argumentos que sustenten el uso de la misma.

3.6 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO DE METODOLOGÍA

La metodología se ha propuesto fundamentada en la revisión de la literatura y quedó compuesta de tres fases y ocho pasos, los cuales se realizan en la fase de la experimentación y análisis de resultados en el capítulo cuatro.

El desarrollo del capítulo 3 se sustenta en los estudios realizados por los autores mencionados en el capítulo 2, valorando los factores que afectan la decisión entre preferir ciertos productos o no. Esta se propone como un procedimiento eficiente para la resolución del problema. En el siguiente capítulo se mostrarán los resultados que arroja cada uno de los pasos propuestos.

CAPÍTULO 4

EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a la metodología desarrollada en el capítulo 3 y siguiendo los pasos en la secuencia propuesta, se presentan los resultados obtenidos en cada fase y su análisis.

4.1 RESULTADOS DE LA FASE 1: DETERMINACIÓN DE POLÍTICAS

El desarrollo del proyecto comienza con la fase 1, la cual está compuesta por cuatro pasos. A continuación se describen los resultados que se obtuvieron en la misma.

4.1.1 RESULTADOS DEL PASO 1: CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO

La clasificación *ABC-XYZ-123* quedó conformada como se observa en la tabla 4.1, incluyendo productos en 22 de las 27 clases posibles.

Tabla 4.1: Clasificación *ABC-XYZ-123*

Clase	Cantidad de productos	Cantidad de productos en porcentaje	Porcentaje acumulado de productos
AX1	2	0.32 %	0.32 %
AX2	3	0.48 %	0.80 %
AX3	0	0.00 %	0.80 %
AY1	11	1.75 %	2.55 %
AY2	28	4.47 %	7.02 %
AY3	11	1.75 %	8.77 %
AZ1	23	3.67 %	12.44 %
AZ2	43	6.86 %	19.30 %
AZ3	10	1.59 %	20.89 %
BX1	4	0.64 %	21.53 %
BX2	0	0.00 %	21.53 %
BX3	2	0.32 %	21.85 %
BY1	11	1.75 %	23.60 %
BY2	18	2.87 %	26.48 %
BY3	13	2.07 %	28.55 %
BZ1	36	5.74 %	34.29 %
BZ2	68	10.85 %	45.14 %
BZ3	22	3.51 %	48.64 %
CX1	0	0.00 %	48.64 %
CX2	0	0.00 %	48.64 %
CX3	0	0.00 %	48.64 %
CY1	6	0.96 %	49.60 %
CY2	12	1.91 %	51.52 %
CY3	8	1.28 %	52.79 %
CZ1	67	10.69 %	63.48 %
CZ2	107	17.07 %	80.54 %
CZ3	122	19.46 %	100.00 %

Fuente: Elaboración propia

Las consideraciones que se tuvieron en cuenta para realizar dicha clasificación fueron las siguientes:

- En la clasificación *ABC*, ordenando en forma descendente el ingreso obtenido por ventas. Se tomaron como *A*, los productos que generan el 80 % de los ingresos; los artículos clasificados como *B* generan el 15 % de los ingresos y los *C* el 5 % de los ingresos.
- En la clasificación *XYZ*, se calcula el coeficiente de variación por medio de la fórmula (2.1). Los productos clasificados como *X*, tienen un coeficiente de variación en ventas entre 0 a 0.49; como *Y*, los que varían de 0.5 a 0.99 y como *Z*, los que tienen un coeficiente de 1 en adelante.
- En la clasificación 123, los artículos que tienen un factor de ganancia del 40 % o mayor se clasificaron como 1; los que tienen un margen de ganancia de entre el 25 al 39.99 % como 2 y los productos que generan entre 0 al 24.99 % quedan clasificados como 3.

Gráficamente las proporciones de cada clase se muestran en la figura 4.1.

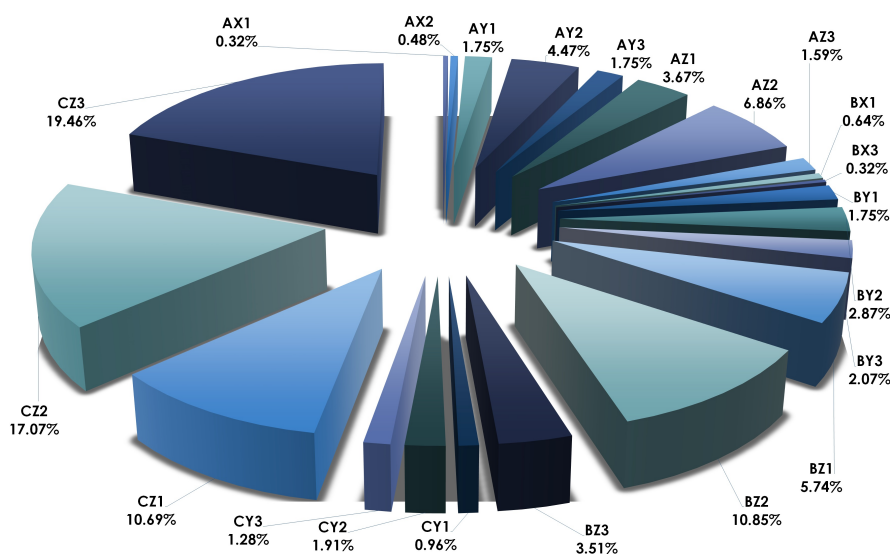


Figura 4.1: Segmentación de la clasificación de productos

Fuente: Elaboración propia

De los 715 productos importados con los que cuenta la empresa, únicamente quedaron clasificados 627, esto debido a que los 88 restantes no cuentan información que permita hacer inferencias sobre su comportamiento, por lo que a partir de este paso, los que serán objeto de estudio son sólo 627.

Los artículos con clasificación *AX1*, presentan un buen volumen de ventas, ventas estables y altos márgenes de ganancia y por esta ocasión son únicamente dos. En la clase *AX2* (con características similares a la *AX1*), hay tres.

Las mercancías que generan un ingreso por ventas moderado y mantienen ventas estables son pocos. La mayoría de los productos que generan ingresos moderados entran dentro la clasificación *BZ2*, de artículos con ingresos y margen por venta moderados y ventas inestables.

Los artículos que generan un bajo ingreso por ventas y volumen de piezas vendidas representan más de la mitad del catálogo total, es decir los artículos clasificados como *CY1*, *CY2*, *CY3*, *CZ1*, *CZ2* y *CZ3*, siendo esta última, la clase en donde más presencia hay, los cuales son de bajo volumen de ventas, ventas inestables y margen pequeño de ganancia.

Las clases *AX3* y *BX2* no registran ningún producto. La ausencia en el criterio *AX3* muestra que no hay artículos que registren un ingreso de volumen-ventas alto (criterio ABC), con una venta estable (criterio XYZ) y un margen por ingreso bajo (criterio 123). La carencia en la clase *BX2*, revela que no hay mercancías que tengan un ingreso por venta moderado, con una venta estable y un margen por ingresos de entre el 25 al 39.99 %.

No se tuvieron productos clasificados en *CX1*, *CX2* y *CX3* por lo que no hay artículos que generen bajos ingresos con ventas estables.

En la tabla A.1 del apéndice A puede corroborar la clasificación a la que pertenece cada uno de los bienes.

Aunado a mostrar el comportamiento de los productos, la clasificación *ABC-*

XYZ-123 establece un beneficio a cada uno, el cual forma parte del establecido por las políticas de inventarios. En la tabla D.1 puede consultar el beneficio establecido derivado de la información que brindan la clasificación multicriterio y los niveles de servicio.

4.1.2 RESULTADOS DEL PASO 2: NIVELES DE SERVICIO

Por nivel de servicio entiendase la segmentación de las 27 clases de productos en tres categorías, en las que más adelante será designado un valor numérico de acuerdo al nivel que se requiera ofrecer, el cual puede ser fácilmente modificable en la herramienta. Considere que únicamente hay artículos en 22 clases, aún así, la segmentación en niveles se efectúa en todas las clases, en caso de que una actualización de datos demuestre que hay productos con alguna de las características que brinda la técnica *ABC-XYZ-123*.

Los clases fueron segmentados en 3 niveles, esto permitirá diferenciarlos de acuerdo al nivel de inventario de seguridad deseado y permite establecer el beneficio de pedir o cierto producto.

Para determinar como segmentar las clases en los distintos 3 niveles de servicio, se analizó el comportamiento de los productos analizados en la sección 4.1.1, en donde, productos con comportamientos parecidos fueron clasificados en un mismo nivel.

En la figura 4.2 se observa que las clases *AX1*, *AX2*, *AX3*, *AY1*, *AY2*, *AY3*, *AZ1*, *AZ2*, *AZ3*, *BX1*, *BX2* y *BX3*, se colocan en el nivel 1. Esto debido a que se les da importancia a los productos que presentan un mayor volumen de ventas e ingresos, como es el caso de todos los productos *A*. Adicionalmente se agregan las clases *BX1*, *BX2* y *BX3* que, a pesar de presentar un ingreso por ventas moderado, mantienen una demanda constante.

En el nivel de servicio 2 figura la mercancía contenida en las clasificaciones

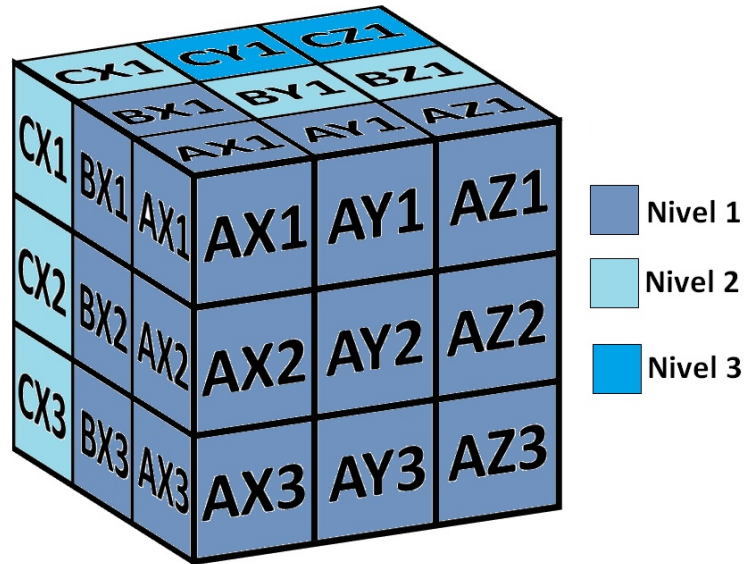


Figura 4.2: Clasificación por nivel de servicio de la matriz *ABC-XYZ-123*

Fuente:Elaboración propia

BY1, *BY2*, *BY3*, *BZ1*, *BZ2* y *BZ3*; que generan ingresos por venta moderados, pero no presentan una demanda estable y únicamente en el caso de *BY1* y *BZ1* se obtienen márgenes de venta mayores al 40 %. De haber artículos en las clases *CX1*, *CX2* y *CX3* estos entrarían en este nivel. Las clases *CY1*, *CY2*, *CY3*, *CZ1*, *CZ2* y *CZ3* se colocan en el nivel 3.

Los productos que se encuentran en el nivel 1 representan el 80.63 % del ingreso por ventas y equivalen al 21.85 % del catálogo; se les dará mayor prioridad para abastecimiento e inventario de seguridad. Los artículos presentes en el nivel 2, aportan el 14.35 % de los ingresos y tienen una prioridad de abastecimiento moderada. Finalmente los pertenecientes al nivel 3, aportan un ingreso por ventas del 5.02 % y tienen una menor prioridad para su abastecimiento e inventarios de seguridad (véase la tabla 4.2).

Los resultados muestran empíricamente la similitud en margen de ingresos por ventas propuesta por Anderson y Molin (2017) y el principio de Pareto, ya que el que el 21.85 % de los productos del nivel 1 representa el 80.63 % de los ingresos.

Tabla 4.2: Clasificación por niveles de servicio

Nivel	Clases	Aporte en ingreso	Cantidad de productos	Porcentaje en productos
1	AX1, AX2, AX3, AY1, AY2, AY3, AZ1, AZ2, AZ3, BX1, BX2, BX3.	80.63 %	137	21.85 %
2	BY1, BY2, BY3, BZ1, BZ2, BZ3, CX1, CX2, CX3.	14.35 %	168	26.79 %
3	CY1, CY2, CY3, CZ1, CZ2, CZ3.	5.02 %	322	51.36 %

Fuente: Elaboración propia

En el estudio se asignan niveles de inventario de seguridad del 90 %, 80 % y 70 % para los niveles 1, 2 y 3 respectivamente. Se recalca que estos no son fijos, pueden cambiarse en la herramienta. En la tabla B.1 del apéndice B puede consultar el nivel establecido a cada uno de los bienes.

En cuanto al beneficio establecido conforme a los niveles de servicio, el nivel 1 brinda un beneficio de 9; el nivel 2, uno de 8 y finalmente los productos que forman parte del nivel 3, tienen un beneficio de 7. Estos beneficios se promedian con los establecidos por la clasificación multicriterio, obteniendo un beneficio global por políticas de inventarios, el cual puede ser consultado en la tabla D.1 del apéndice D.

4.1.3 RESULTADOS DEL PASO 3: POLÍTICA DE INVENTARIOS

De acuerdo a la metodología propuesta, este paso se divide en tres apartados. A continuación se describen los resultados obtenidos en cada sección.

4.1.3.1 RESULTADOS DE PRUEBAS DE NORMALIDAD EN LOS DATOS HISTÓRICOS DE VENTA

Se realizaron las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk (basándose en las fórmulas (2.18) y (2.13) respectivamente) a los datos históricos de las ventas, tomando en todas ellas el valor base de significancia estadística α de 0.01. Estas pruebas son necesarias para conocer el comportamiento de los datos históricos de ventas y utilizar las técnicas de inventario deseadas.

En la tabla 4.3 se muestra la cantidad de artículos que siguen una distribución normal aceptando la hipótesis de normalidad, es decir, «Se acepta H_0 »; o cuando no, «Se rechaza H_0 ». Los productos que aceptan la hipótesis de distribución normal representan el 43.38 % del total.

Tabla 4.3: Resultados de hipótesis en pruebas de normalidad

Pruebas	Acepta H_0	Acepta H_0 en porcentaje	Rechaza H_0	Rechaza H_0 en porcentaje
Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk	272	43.38 %	355	56.62 %

Fuente: Elaboración propia

Los artículos que siguen una distribución normal son menos de la mitad, pero corresponden casi al 64 % de los ingresos, lo que representa una aproximación a las dos terceras partes del ingreso total por ventas (véase tabla 4.4).

Tabla 4.4: Ingresos por venta conforme a las pruebas de normalidad

Pruebas	Ingresos por productos que aceptan H_0	Ingresos por productos que rechazan H_0
Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk	63.95 %	36.05 %

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la clasificación hecha por niveles, del total de los productos que conforman el nivel 1, casi dos terceras partes pasan la prueba, en cuanto a los del

nivel 2, los que presentan normalidad son la mitad. Los artículos clasificados en el nivel 3, que es en donde se encuentra una cantidad, presentan una menor normalidad en los datos, y solo una quinta parte de estos pasa las pruebas, esto puede ser debido a que sus datos históricos de venta muestran que éstas no son estables.

Los productos clasificados en nivel 1 y que no aceptan la hipótesis de seguir una distribución normal, representan el 30.90 % de los ingresos por venta. Uno de los factores que pudo causar que estos no siguieran una distribución normal, es el desabasto al no solicitarlos a tiempo, ocasionando ventas perdidas, o bien estacionalidad en la ventas. Por lo que manteniendo inventarios de seguridad y llevando a cabo un abastecimiento eficiente se podría corroborar con nueva información si estos pueden llegar a seguir una distribución normal o no (véase tabla 4.5).

Tabla 4.5: Resultados de las pruebas de normalidad acorde a los niveles de servicio

Nivel	Acepta H_0 en porcentaje	Ingresos que aceptan H_0 en porcentaje	Rechaza H_0	Ingresos que rechazan H_0 en porcentaje
1	62.04 %	49.73 %	37.96 %	30.90 %
2	39.29 %	5.37 %	60.71 %	8.98 %
3	20.81 %	1.45 %	79.19 %	3.57 %

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las hipótesis de normalidad de cada uno de los bienes puede consultarse en la tabla C.1 del apéndice C.

4.1.3.2 RESULTADOS DE LA POLÍTICA DE INVENTARIOS

En este apartado se determina el nivel máximo de inventario y el punto de reorden de acuerdo al modelo de revisión periódica (r, s, S) para los productos, el cual efectúa una revisión periodica del inventario, tal que si está por debajo del nivel S , en el tiempo de revisión, r , se debe contemplar realizar el pedido para llegar al nivel S de inventario, pero si el inventario es mayor al nivel s no se realiza pedido.

El nivel s de inventario fue calculado mediante la fórmula (2.4) y se calcula en torno a la demanda esperada durante el lapso de espera, más el tiempo de revisión, más el inventario de seguridad. El nivel S de inventario fue calculado con la ecuación (2.7).

En el caso de estudio se determinaron los niveles s y S de inventario, estableciendo un periodo de revisión semanal. Estos niveles de inventario fueron establecidos en los 627 productos. En la tabla 4.6 se presentan los niveles (s, S) de inventario calculados en cinco artículos, el resto puede consultarse en la tabla C.2 del apéndice C.

Tabla 4.6: Niveles s y S de inventario

Producto	Clase	Nivel de servicio	Nivel s de inventario	Nivel S de inventario
4	AX2	1	165	1004
106	AZ2	1	129	916
232	BZ2	2	137	1715
290	BZ3	2	5	56
339	CZ1	3	44	1316

Fuente: Elaboración propia

Con el propósito de mantener la confidencialidad de la empresa, los nombres y códigos de los 627 productos, son sustituidos por una numeración del 1 al 627.

4.1.3.3 RESULTADOS DE INVENTARIOS DE SEGURIDAD

Las piezas de inventario de seguridad se incluyen ya en el nivel s de inventario. En la tabla 4.7 se pueden consultar las piezas designadas como inventario de seguridad, a los cinco bienes del ejemplo de la sección 4.1.3.2 (tabla 4.6) conforme al nivel de servicio sugerido. Los valores fueron los obtenidos mediante el uso de la ecuación (2.11).

Tabla 4.7: Inventario de seguridad basado en el nivel de servicio

Producto	Clase	Nivel	Porcentaje de nivel de servicio	Inventario de seguridad
4	AX2	1	90 %	38
106	AZ2	1	90 %	56
232	BZ2	2	80 %	49
290	BZ3	2	80 %	2
339	CZ1	3	70 %	12

Fuente: Elaboración propia

El inventario de seguridad varía en función del nivel de servicio que se desee brindar, por eso fue importante la selección de nivel de servicio. Los cálculos se hicieron estableciendo valores de 90 %, 80 % y 70 % a los niveles de servicio 1, 2 y 3 respectivamente, los cuales se pueden alterar si así lo desean los tomadores de decisiones en la empresa.

Las piezas de seguridad asignadas a cada producto conforme al nivel de servicio seleccionado pueden ser consultadas en la tabla C.3 del apéndice C.

4.1.4 RESULTADOS DEL PASO 4: AVANCE DE VENTAS

En la herramienta se toma en cuenta el avance de ventas; es decir, las piezas que son adquiridas por los clientes y cómo disminuyen estas en el inventario, registrando la salida de piezas.

Las salidas se registran debido a que, conforme mayores compras efectúen los clientes, y más cerca se este de llegar al nivel s de inventarios, mayor provecho tendrá el pedir el producto.

En el estudio se utiliza una escala de beneficio por avance en ventas del 1 al 10, en caso de que este sea mayor a 10, será debido a que se tiene un nivel de inventario

menor al s , que es el mínimo, por lo tanto se está en un estado crítico.

Como ejemplo observe la tabla 4.8 donde el artículo 232, que es el que esta más lejos de tener su inventario ideal con 1395 piezas, en beneficio por avance de ventas tiene uno de 10.21, al estar 27 piezas por debajo del nivel s (137 piezas); pero en el beneficio total, donde se toma en cuenta el beneficio por políticas de inventario, el producto con mayor provecho al ser pedido es el 4, con 58.74, ya que aunque hay un faltante de inventario y está por debajo del nivel s por 10 piezas (las cuales son menos en comparación con el 232), el nivel de servicio tiene mayor prioridad en el producto 4.

Tabla 4.8: Monitoreo del avance en ventas y niveles de inventario

Prod.	Inv. en Exist.	Ben. por P. Inv.	Inv. en Tran.	Ent.	Sal.	Inv. Fin.	Niv. s Inv.	Niv. S Inv.	¿Solicitar producto?	Prod. a sol.	Ben. por vent.	Ben. total
4	300	5.86	10	10	155	165	165	836	Si, llegar a nivel S Aún no, verificar ben.	671	10.00	58.74
106	300	5.36	100	0	40	360	129	743	Si, llegar a nivel S Aún no, verificar ben.	383	6.23	33.45
232	300	4.96	50	0	240	110	137	1395	Si, llegar a nivel S Aún no, verificar ben.	1285	10.21	50.69
290	20	4.25	5	0	12	13	5	51	Aún no, verificar ben.	38	8.21	34.92
339	300	5.44	300	0	547	53	44	898	Aún no, verificar ben.	845	9.89	53.87

Fuente: Elaboración propia

El beneficio por avance en ventas establecido de acuerdo a los niveles de inventario s y S y se determina en base al inventario final o existencias después de la revisión; se toman en cuenta las existencias, más los pedidos en tránsito (los cuáles deben ser registrados sólo una vez en la herramienta, es decir, si se realiza un pedido en la semana uno, y en la semana dos aún no llega, este no se vuelve a registrar en el rubro de pedidos en tránsito), más el producto que haya llegado, menos las salidas, englobando un inventario total; cuando esté cerca del nivel S , menor será el beneficio de traer el producto, pero si el inventario final es cercano o es menor al nivel s el rendimiento por traerlo es mayor.

Los beneficios por el avance en ventas y el establecido por políticas de inventario forman un beneficio total, que es el producto entre ambos. El beneficio por políticas

de inventario se mantiene estático, pero el establecido por el avance en ventas cambia conforme las existencias de varían, por lo que este beneficio se actualizará cada vez que se realice una revisión.

Conforme a lo establecido en el capítulo 2, se toma como revisión de inventario, al control de entradas y salidas por medio de un programa informático y no al hecho de realizar semanalmente inspecciones físicas.

El como el factor en avance en ventas afecta al beneficio será visto con mayor detalle en la sección 4.3.1.

4.2 RESULTADOS DE LA FASE 2: MODELACIÓN DEL PROBLEMA

La fase 2 de la metodología se compone por dos pasos. A continuación se describen los resultados obtenidos.

4.2.1 RESULTADOS DEL PASO 5: CONSIDERACIONES DE VOLUMEN Y PESO

Aunado a tomar en cuenta los niveles mínimo y máximo de inventario y los beneficios establecidos, se sopesa el volumen y peso de las cajas que contienen los 627 productos. A continuación se muestran las características de los artículos 4, 106, 232, 290 y 339; donde se observa que el 4 va colocado en cajas con volumen de $0.055m^3$ con un peso de 7.61 kg y contiene 50 piezas (véase tabla 4.9).

Al igual que con los productos, se toma en cuenta la capacidad máxima en volumen y peso que pueden soportar los contenedores de 20 pies, 40 pies y la tarima que se presentan como opciones en el envío del producto (véase tabla 4.10).

Tabla 4.9: Consideraciones de volumen, peso y piezas en las cajas de productos

Producto	Piezas por caja	Volumen caja (m^3)	Peso por caja (kg)
4	50	0.055	7.61
106	200	0.033	8.90
232	50	0.033	15.70
290	5	0.026	17.22
339	100	0.013	13.77

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.10: Consideraciones de volumen y peso de los contenedores

Contenedor	Peso (kg)	Volumen (m^3)
Tarima	2000 kg	1.2
20 pies	21000 kg	67.7
40 pies	26000 kg	33.2

Fuente: Elaboración propia

Esta información es usada en el modelo matemático para realizar el pedido. Adicional al beneficio de traer o no la mercancía, se busca maximizar la capacidad en peso y volumen del contenedor y/o tarima, por lo cual se toman en cuenta dichas características. La relevancia de esta información será vista en la experimentación llevada a cabo en la sección 4.3.1.

Para consultar las piezas contenidas en cada caja de producto, su peso y volumen véase la tabla E.1 del apéndice E.

4.2.2 RESULTADOS DEL PASO 6: DISEÑO DE HERRAMIENTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PEDIDOS

Este paso se divide en dos secciones, la primera es el modelo matemático que sugiere que productos pedir y la segunda es la unificación de la información que permite vaciar los datos al modelo matemático para que la empresa pueda utilizar

la herramienta de una manera sencilla.

4.2.2.1 MODELO MATEMÁTICO DE OPTIMIZACIÓN

Para ejecutar el modelo matemático fue utilizada una hoja de cálculo en conjunto con la aplicación simplex de *COIN-OR Cup* por medio del complemento *Open Solver*; este se ejecutó en un ordenador *TOSHIBA Satellite A665 Intel(R) Core (TM) i3 CPU M370 @ 2.40GHz, memoria RAM de 4 Gb y disco duro de 500 Gb*.

Entre las funcionalidad de *Opensolver* esta la de resolver el modelo de optimización existente en la hoja de trabajo activa, construyendo las ecuaciones del modelo y luego llamando al motor de optimización elegido por medio de la opción *Solve optimization model*. La otra opción es la de resolver el problema sin contemplar números enteros o restricciones binarias, brindando una respuesta del modelo lineal resultante con valores fraccionarios, esta alternativa es conocida como *Solve a modified problem without any integer or binary constraints*.

El modelo matemático propuesto en la sección 3.4.2.1 es el que fue utilizado en la herramienta. En la hoja de cálculo se colocó la información necesaria para que este pudiera brindar resultados. Los datos de las capacidades de los contenedores en volumen y peso pueden ser consultados en la tabla 4.10 de la sección 4.2.1; el volumen y peso de cada producto puede ser consultado en la tabla E.1, en cuanto al beneficio de pedir el contenedor, como ya se estableció, se actualizará conforme el nivel del inventario cambie.

Los resultados brindados por las experimentaciones pueden ser consultados en la sección 4.3.

4.2.2.2 UNIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Esta etapa incluye a la unificación de todos los datos que dan pie al funcionamiento de la herramienta de una manera sencilla, en donde en un grupos de hojas de cálculo se colocaron los valores propuestos para establecer las políticas de inventario. Estos pueden cambiarse de manera sencilla, sin que se tenga que hacer un gran retrabajo en caso de que los datos varíen con el tiempo. En este grupo de hojas se encuentra información de la siguiente indole:

- Datos que permiten dar tratamiento de forma individual para obtener las clasificaciones *ABC*, *XYZ* y *123*.
- Clasificación multicriterio de los productos y fórmulas que la sustentan, las cuales se pueden modificar si se desea.
- Segmentación de los artículos por niveles de servicio y el análisis que se desprende de cada nivel.
- Resultados y análisis obtenido de las pruebas de normalidad a los datos históricos de ventas.
- Tratamiento de los datos para el establecimiento de los niveles *s* y *S* e inventario de seguridad.
- Tabla con los volúmenes, pesos y piezas contenidas en las cajas de cada artículo, así como las capacidades del contenedor.
- Información consolidada donde se puede consultar demandas, clasificaciones, políticas de inventario, beneficios y en donde será registrada la entrada y salida de productos.
- Modelo matemático que sugiere que artículos pedir cimentado en la información que brindan las demás secciones.

- Propuesta del modelo, en el cual se presenta de una forma clara los artículos que la herramienta sugiere que se pidan.

El hecho de contener la información en una sola entidad, facilitará el manejo de la misma para la empresa, esta contiene fórmulas preestablecidas que permitira hacer cálculos de una forma sencilla en caso de que los datos se actualicen.

4.3 RESULTADOS DE LA FASE 3: EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS

La fase 3 está compuesta por dos pasos, uno lleva a cabo la experimentación y otro presenta un análisis de los resultados arrojados. Esto se realizará para ver el comportamiento de la herramienta con distintos escenarios supuestos, posterior a esto se procederá a la aplicación de la herramienta al caso de estudio.

4.3.1 RESULTADOS DEL PASO 7: EXPERIMENTACIÓN

En este paso se realizaron pruebas para analizar el comportamiento de la herramienta cuando hay faltantes en pocos, moderados y en una gran cantidad de artículos. Incluso se contemplan situaciones en las que la diferencia para que los productos lleguen a su inventario ideal (nivel S) sea poca, módica y alta.

La fase de ensayo es determinante, ya que el modelo elige que productos es conveniente pedir a partir del beneficio, el peso y el volumen.

En las pruebas efectuadas no se contempla el hecho de que para solicitar algunos artículos, los proveedores exigen un lote mínimo, el cual se contempla dentro del modelo matemático, mas no fue posible contar con esta información por lo que en la experimentación no se toma en cuenta. Esto debe valorarse como un efecto

de decisión dentro de los escenarios, ya que, al haber lotes mínimos, se pueden presentar demandas de productos que el modelo no contemplará, debido a que no llegan a completar una caja de mercancía del mismo tipo, lo cual es necesario para poder abastecerse, como se mencionó en la sección 3.4.1.

4.3.1.1 PRIMERA EXPERIMENTACIÓN: FALTANTE ALTA EN INVENTARIO PARA LLEGAR AL NIVEL S

Con el propósito de verificar el comportamiento cuando falta una cantidad considerable de productos para llegar al inventario ideal en pocos, moderados y muchos artículos, se realizaron las siguientes experimentaciones:

- Escenario 1: Se propuso un faltante del 90% en producto para llegar al inventario ideal en 61 de los 627 artículos, los cuales son de diferentes clases y niveles de servicio, mientras los restantes tienen un nivel S .
- Escenario 2: Se plantea un faltante del 90% para llegar al nivel S en 418 artículos (una cantidad módica), con el restante de los artículos en un inventario ideal.
- Escenario 3: Se establece que todos los artículos tengan un faltante del 90% para llegar a su inventario ideal.

Al momento de realizar las experimentaciones, el complemento *Open solver* tomaba aproximadamente cuatro minutos antes de ejecutar el modelo, por lo que, adicional al lapso que toma el programa para dar una sugerencia de abastecimiento, se debe de agregar este tiempo. En la tabla 4.11 puede consultar los tiempos de respuesta de la experimentación.

Con base a los tiempos de respuesta, se puede notar que cuando hay una gran cantidad de productos con un faltante alto de para llegar al nivel S (escenario 3), el

Tabla 4.11: Experimentación 1: faltante alto para llegar a nivel S

Escenario	Tiempo	Iteraciones	Propuesta
1	1 segundos	67	Contenedor de 40 pies
2	4 segundos	2620	Contenedor de 40 pies
3	6 segundos	1026	Contenedor de 40 pies

Fuente: Elaboración propia

modelo toma más tiempo en decidir que artículos abastecer y sugiere sólo el uso de contenedores de 40 pies, lo cual puede ser debido a que en la experimentación hay un faltante alto de productos.

Se debe tomar en cuenta que en el escenario 1 se obtuvo una sugerencia de abastecimiento por medio de *Solve a modified problem without any integer or binary constraints*, ya que sólo con el uso de este, la herramienta da una respuesta.

4.3.1.2 SEGUNDA EXPERIMENTACIÓN: FALTANTE EN INVENTARIOS

MÓDICA PARA LLEGAR AL NIVEL S

Con el propósito de verificar el comportamiento cuando falta una cantidad media para llegar al nivel S en pocos, moderados y muchos artículos se efectuaron las siguientes experimentaciones:

- Escenario 4: Se proponen faltantes del 55 % en producto para llegar al inventario ideal en 61 artículos de diferentes clases y niveles de servicio, mientras que el restante cuenta con un nivel S .
- Escenario 5: Se proyecta un faltante del 55 % en artículos para llegar al inventario ideal en 418 productos, con el restante de la mercancía con un inventario ideal.
- Escenario 6: Se plantea que todos los artículos tienen un faltante del 55 % en producto para llegar al nivel S .

En la tabla 4.12 pueden consultar los tiempos de respuesta de los escenarios propuestos, en donde como ya se dijo en la sección 4.3.1.1, a estos se les añaden cuatro minutos más.

Tabla 4.12: Experimentación 2: faltante moderado para llegar a nivel S

Escenario	Tiempo	Iteraciones	Propuesta
4	26 segundos	482,275	Contenedor de 20 pies
5	102 segundos	63,750	Contenedor de 40 pies
6	41 segundos	24,931	Contenedor de 40 pies

Fuente: Elaboración propia

Partiendo de los tiempos de respuesta, se concluye que cuando hay un menor número de productos con un faltante considerado, el modelo realiza un mayor número de iteraciones, aún así toma un menor tiempo en sugerir una respuesta en comparación al lapso que toma en decidir, cuando hay una cantidad media de mercancías con un faltante moderado (escenario 5), que por esta ocasión fue en donde tomó un mayor periodo en determinar que artículos abastecer.

En el caso del escenario 6, la herramienta realiza un menor número de iteraciones, esto se puede deber a que, cuando hay un mayor número de opciones para proveer, es más fácil distinguir cuáles conllevan un mayor beneficio al ser pedidos, pudiendo diferenciar beneficios altos de los bajos.

El modelo propone contenedores para llevar a cabo el abastecimiento. Cuando hay un faltante en pocos artículos se sugiere usar el de 20 pies, pero cuando aumenta el número de productos con faltante sugiere el de 40 pies.

4.3.1.3 TERCERA EXPERIMENTACIÓN: FALTANTE MÍNIMO EN INVENTARIO PARA LLEGAR AL NIVEL S

Con el propósito de verificar el comportamiento de la herramienta cuando el faltante para llegar al inventario ideal es mínimo en pocos, moderados y muchos

artículos se realizaron las siguientes experimentaciones:

- Escenario 7: Se proponen faltantes del 10 % en producto para llegar al inventario ideal en 61 artículos de diferentes clases y niveles de servicio, mientras que el restante cuenta con un inventario ideal.
- Escenario 8: Se establece un faltante del 10 % en productos para llegar al inventario ideal en 418 artículos, con el restante de los estos en un nivel S de inventario.
- Escenario 9: Se plantea que a todos los productos tienen un faltante del 10 % en mercancía para llegar a su inventario ideal.

En la tabla 4.13 se puede consultar los tiempos de respuesta de la experimentación.

Tabla 4.13: Experimentación 3: faltante mínimo para llegar al nivel S

Escenario	Tiempo	Iteraciones	Propuesta
7	15 segundos	256,613	Tarima
8	26 segundos	37,113	Tarima
9	103 segundos	323,999	Contenedor de 20 pies

Fuente: Elaboración propia

se observa que cuando hay un faltante mínimo en muchos productos para llegar al nivel S , el programa realiza un mayor número de iteraciones y toma más tiempo para dar una respuesta (escenario 9). Esto podría ser debido a que los beneficios por avance en venta son similares en toda la mercancía y al existir pocos faltantes, el modelo toma un mayor tiempo en decidir de cuáles artículos abastecerse. Al ser poco el faltante en inventario, las opciones se reducen al uso de un contenedor de 20 pies o una tarima.

Una vez que se ejecuta el modelo con distintos escenarios, se procede a la fase de análisis de resultados, el cual se presenta en la sección 4.3.2.

4.3.2 RESULTADOS DEL PASO 8: ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados derivados de las experimentaciones se presenta en la siguientes secciones, posterior a esto se presentará en la sección 4.4 las conclusiones generales que sirvieron como pauta para entender el funcionamiento de la herramienta, para proceder a la aplicación al caso de estudio en la sección 4.4.

4.3.2.1 RESULTADOS DE LA PRIMERA EXPERIMENTACIÓN: FALTANTE ALTA EN INVENTARIO PARA LLEGAR AL NIVEL S

En este ejercicio, se trabajó con productos que presentan faltantes grandes (Prod. con demanda) para llegar al inventario ideal. Puede consultar en cada uno de los escenarios (Esc.), la cantidad de artículos que presentan escases, la cual fue resumida de acuerdo a los niveles de servicio (Nivel) para un manejo sencillo de la información.

En la tabla 4.14 se muestra el abastecimiento sugerido en las experimentaciones cuando el déficit en artículos para llegar al inventario S es alto.

En el escenario 1 hay un total de 61 artículos que presentan carencia. El modelo propone abastecer la demanda de 39, cabe mencionar, que las cantidades de abastecimiento en cada producto en algunos casos son parciales o no son contempladas, ya que se toma en cuenta el hecho de solicitar sólo cajas completamente llenas de un solo tipo de mercancía. Dicho escenario muestra que, a pesar de que el modelo propone abastecer una mayor cantidad de productos de nivel 3, los del nivel 1 representan más de dos terceras partes del peso y volumen del total.

En el escenario 2 y 3 no es tan notoria la preferencia por el modelo de dar preferencia a los productos del nivel 1. La cantidad en volumen de este tipo de productos es ligeramente mayor en volumen en el escenario 2 y 3.

Tabla 4.14: Resultados de la experimentación 1: faltante alto para llegar al nivel S

Esc.	Nivel	Prod. con demanda	Abast. sugerido	Peso <i>kg</i>	Peso en porcentaje	Volumen <i>m</i> ³	Volumen en porcentaje
1	1	19	13	6447.00	69.35 %	46.602	68.84 %
	2	20	7	1206.20	12.97 %	12.242	18.08 %
	3	22	19	1643.77	17.68 %	8.856	13.08 %
		61	39	9296.98	100.00 %	67.700	100.00 %
2	1	91	11	5480.31	32.55 %	29.748	43.94 %
	2	112	10	3499.17	20.78 %	11.382	16.81 %
	3	215	20	7855.68	46.66 %	26.569	39.25 %
		418	41	16835.16	100.00 %	67.700	100.00 %
3	1	137	10	5427.06	31.34 %	30.675	45.31 %
	2	168	9	3390.57	19.58 %	9.438	13.94 %
	3	322	19	8500.62	49.08 %	27.588	40.75 %
		627	38	17318.25	100.00 %	67.700	100.00 %

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los productos nivel 2, no es notoria su relevancia con respecto al nivel 3, uno de los factores podría ser el hecho de que en el nivel 3 hay una mayor numero de productos a comparación del 2 y estos tienen un beneficio por política de inventarios similar. Aunque haya demanda de productos, si esta no completa una caja completa, no se considera abastecer a la misma, esto puede ocurrir con los de cualquier nivel.

En la tabla 4.15, puede observa que las demandas en los 3 escenarios son mayores a la capacidad en volumen y peso del contenedor más grande. Este podría ser un factor por el cual el modelo selecciona al contenedor de 40 pies en los 3 escenarios.

Tabla 4.15: Demandas de la experimentación 1

Escenario	Demanda existente en volumen m^3	Demanda existente en peso kg	Abasto sugerido en volumen m^3	Abasto sugerido en peso kg
1	92.345	11146.91	67.700	9296.97
2	490.515	61714.25	67.700	16835.16
3	727.243	90649.03	67.700	17318.25

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2 RESULTADOS DE LA SEGUNDA EXPERIMENTACIÓN: FALTANTE MÓDICO EN INVENTARIO PARA LLEGAR AL NIVEL S

En la segunda experimentación, se supone que los productos cuentan con una escasez moderada para llegar al nivel S . La tabla 4.16 se muestra el abastecimiento sugerido en las experimentaciones.

Tabla 4.16: Resultados de la experimentación 2: faltante med. para llegar al nivel S

Esc.	Nivel	Prod. con demanda	Abast. sugerido	Peso kg	Peso en porcentaje	Volumen m^3	Volumen en porcentaje
4	1	19	13	3660.66	75.09 %	26.059	78.49 %
	2	20	5	488.96	10.03 %	3.404	10.25 %
	3	22	17	725.66	14.88 %	3.737	11.26 %
		61	35	4875.28	100.00 %	33.200	100.00 %
5	1	91	19	5131.64	32.99 %	28.347	41.87 %
	2	112	17	2603.73	16.74 %	8.500	12.56 %
	3	215	37	7821.64	50.28 %	30.853	45.57 %
		418	73	15557.01	100.00 %	67.700	100.00 %
6	1	137	19	5911.84	36.72 %	32.865	48.54 %
	2	168	15	2789.69	17.33 %	8.278	12.23 %
	3	322	32	7396.72	45.95 %	26.557	39.23 %
		627	66	16098.25	100.00 %	67.700	100.00 %

Fuente: Elaboración propia

En el escenario 4 hay un total de 61 productos que presentan carencia, el modelo propone abastecer la demanda de 35, eligiendo la opción de solicitarlos en una contenedor de 20 pies.

Si se compara el abastecimiento en estos escenarios, con los de la primera experimentación, se aconseja abastecer un mayor número de artículos en los escenarios 5 y 6, en comparación con los del 2 y 3, lo que se puede deber a una escases de producto módica, para completar su abastecimiento se necesita una menor cantidad, por lo tanto, se puede satisfacer una demanda mayor. A diferencia de lo que ocurre en el escenario, si se compara con su simil, el escenario 4, la cantidad de artículos por abastecer es mayor en el escenario 1, esto puede ser debido a que en el 1 se contempla el uso de un contenedor de 40 pies y en el 4 uno de 20 pies.

Al igual que en el escenario 1, en el 4, cuando se solicita una cantidad pequeña de artículos, es notoria la preferencia de la herramienta de sugerir abastecer una mayor cantidad en volumen y peso de los productos presentes en el nivel 1, aunque en menor variedad, si se compara con los que se propone abastecer para el nivel 3.

Asi como en el escenario 2 y 3, en el 4 y el 5, la cantidad que ocupan los productos nivel 1 es ligeramente mayor en volumen, mas no en variedad de distintos tipos de mercancía por abastecer ni en peso, si se compara con los de nivel 3. Lo cual muestra que el modelo, da preferencia hacia los productos nivel 1 en cuanto a volumen, más no en peso, esto podría ser debido a las características de la mercancía, que aunque ocupen una gran cantidad en volumen, no pasa lo mismo con el peso.

A pesar de que después del nivel 1, el que debería seguir en importancia es el nivel 2 mas en el abastecimiento sugerido por la herramienta, el peso y volumen de los artículos nivel 2 es menor lo cual podría presentarse debido a las características ya mencionadas en la experimentación 1.

En cuanto a demandas en peso y volumen, en el caso del escenario 4 la demanda es grande en volumen, mas no es proporcional a la demanda en peso (véase la tabla 4.17, esto podría deberse a que son pocos los artículos que presentan faltantes. En

cambio, en el escenario 5 y 6 las demandas son altas tanto en peso como en volumen, lo cual puede ser un factor de decisión por el cual el modelo sugiere abastecer la demanda en contenedores de 40 pies.

Tabla 4.17: Demandas de la experimentación 2

Escenario	Demanda existente en volumen m^3	Demanda existente en peso kg	Abasto sugerido en volumen m^3	Abasto sugerido en peso kg
4	56.433	6812.00	33.200	4875.28
5	299.759	37714.26	67.700	15557.01
6	444.426	55396.63	67.700	16098.25

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.3 RESULTADOS DE LA TERCERA EXPERIMENTACIÓN: FALTANTE MÍNIMO EN INVENTARIO PARA LLEGAR AL NIVEL S

En este apartado se proponen faltantes mínimos para llegar al nivel S y fueron propuestos en el modelo cada uno de los escenarios. La tabla 4.18 muestra el abastecimiento sugerido en las experimentaciones.

La vertiente en común de los escenarios 7, 8 y 9 es el hecho de que para que el catálogo de productos se encuentre en su inventario ideal la escases es mínima, con la característica de que los artículos con faltante para llegar a su inventario ideal son de 61, 314 y 627 en cada escenario respectivamente.

Al existir un faltante mínimo en mercancía, el modelo sugiere abastecer sólo 9 de los 61 que presentan faltantes en el caso del escenario 7, en donde es notoria la preferencia por abastecer productos del nivel 1.

En el caso de los escenarios 8 y 9, la sugerencia de abastecimiento entre productos del nivel 1 y 3 es muy similar en volumen y en peso es mayor el de los nivel 3. Esto podría ser debido a que al ser mínima la demanda por abastecer, los artículos

Tabla 4.18: Resultados de la experimentación 3: faltante mín. para llegar al nivel S

Esc.	Nivel	Prod. con demanda	Abast. sugerido	Peso kg	Peso en porcentaje	Volumen m^3	Volumen en porcentaje
7	1	19	4	128.86	78.13 %	1.016	84.63 %
	2	20	1	9.00	5.46 %	0.021	1.79 %
	3	22	4	27.06	16.41 %	0.163	13.59 %
		61	9	164.92	100.00 %	1.200	100.00 %
8	1	69	5	186.90	38.87 %	0.584	48.66 %
	2	84	2	55.02	11.44 %	0.038	3.18 %
	3	161	6	238.91	49.69 %	0.578	48.16 %
		314	13	480.83	100.00 %	1.200	100.00 %
9	1	137	58	2050.36	40.03 %	13.990	42.14 %
	2	168	42	843.00	16.46 %	4.921	14.82 %
	3	322	82	2229.10	43.52 %	14.289	43.04 %
		627	182	5122.46	100.00 %	33.200	100.00 %

Fuente: Elaboración propia

del nivel 1 tal vez no llegan a completar una caja de producto.

En el escenario 9, en donde se sugiere que la faltante es mínima pero esta se presenta en todos los artículos, se sugiere el uso de un contenedor de 20 pies a diferencia de los escenarios 7 y 8, en donde el modelo sugiere el uso de tarimas. Cabe destacar que el escenario 9 es el que propone un mayor abastecimiento, al sugerir abastecer 182 de los 627 productos con faltante, esto puede ser debido a que al ser mínima la demanda por abastecer, es posible abastecer una mayor cantidad.

En el escenario 7 y 8 el modelo decide que la mejor forma de abastecerse es por medio de tarimas. Esto podría deberse a que la demanda en peso es poca y no convendría solicitar un contenedor de 20 ó 40 pies que no utilice su máxima capacidad en peso (vease tabla 4.19).

En el caso del escenario 9, el volumen de la demanda de productos es grande, pero no supera la demanda en volumen de contenedor de 40 pies, por lo que el

modelo opta por sugerir el contenedor de 20 pies.

Tabla 4.19: Demandas de la experimentación 3

Escenario	Demanda existente en volumen m^3	Demanda existente en peso kg	Abasto sugerido en volumen m^3	Abasto sugerido en peso kg
7	10.261	1238.55	1.200	164.92
8	41.725	5057.25	1.200	480.83
9	80.805	10072.11	33.200	5122.46

Fuente: Elaboración propia

4.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO DE EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS

A partir del análisis de los resultados arrojados en las experimentaciones se concluye que, cuando la cantidad de productos por abastecer es reducida y en caso de que la diferencia de la demanda por abastecer y el nivel ideal de inventario sea mínima, el modelo sugiere abastecerse por medio de una tarima o contenedor de 20 pies (escenarios 7, 8 y 9), por lo que, para que la empresa pueda asegurar un ahorro en costos de pedido, podría ejercutar el modelo cada semana, como fue establecido en la política de revisión, pero esperar a que la cantidad de inventario haya disminuido de tal forma que lo conveniente sea pedir un contenedor de 40 pies, que en este caso, es el propósito de la política (r, s, S) .

A su vez, si se consideran estacionalidades en la demanda, en donde sólo sea necesario mantener el inventario ideal de algunos productos, se puede preferir el uso de un contenedor de 20 pies o la tarima.

La diferencia entre pedir el contenedor de 20 ó 40 pies, radica en su capacidad en volumen, ya que el peso que puede soportar el contenedor de 40 no aumenta tanto si se compara con el aumento de su capacidad en volumen.

En el caso de las modelaciones efectuadas siempre se llegó a la máxima capacidad en volumen, mas no a la máxima en peso. Esto puede ser debido a las características de la mercancía, en las cuales, a pesar de contar con un gran volumen, su peso es pequeño, lo cual cambiaría si el modelo es utilizado en otro tipo de industria, donde los productos pueden ocupar una mayor cantidad en peso que en volumen.

El modelo muestra una mayor preferencia a los artículos nivel 1 cuando los bienes por abastecer son pocos. Cuando el número de productos por abastecer es módico o grande, la preferencia a los de nivel 1 no es tan marcada, lo cual podria deberse a que, la cantidad de productos del nivel 1 casi del 20 % del total, dando pie a que se sugiera adquirir más artículos del nivel 3, que representan casi la mitad del catálogo.

Sólo en el escenario 1, la herramienta da preferencia al abastecimiento de los productos nivel 2 sobre los del nivel 3, esto puede ser debido a que los beneficios establecidos por la política de inventarios entre los artículos son similares en algunos casos.

Hasta ahora la empresa habia estado solicitando un contenedor de 40 pies, con el deseo de que el producto pedido logrará mantener los inventarios durante 6 meses, pero como se puede observar en las experimentaciones, para mantener los niveles de inventario y ser más competitivos dentro del mercado, es necesario pedir más de un contenedor cada 6 meses.

Uno de los factores que han podido ocasionar que la empresa no tenga mercancía disponible, además de no solicitar el mismo a tiempo, es el hecho de que la cantidad en volumen y peso de los productos por abastecer es grande, ocasionando que no realicen un abastecimiento razonado, dando prioridad a los artículos más vendidos.

4.5 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA AL CASO DE ESTUDIO

En esta sección se utilizaron datos reales del movimiento en inventarios en la empresa, para comparar el abastecimiento que llevo a cabo la empresa en septiembre de 2017, contra el abastecimiento sugerido por la herramienta.

Considerando que el tiempo máximo de espera desde que se coloca un pedido hasta que este llega es de tres meses, la planeación de los productos que se desean tener en septiembre debe hacerse con tres meses de anticipación.

Los artículos que tenían faltantes al momento de realizar el pedido eran 551 y el modelo sugiere abastecer la demanda parcial de 138 de estos (véase la tabla 4.20).

Tabla 4.20: Resultados de la aplicación de la herramienta al caso de estudio

Esc.	Nivel	Prod. con demanda	Abast. sugerido	Peso <i>kg</i>	Peso en porcentaje	Volumen <i>m</i> ³	Volumen en porcentaje
Caso de estudio	1	128	75	7113.88	79.67 %	57.302	84.64 %
	2	152	31	1088.35	12.19 %	5.278	7.80 %
	3	271	32	727.40	8.15 %	5.119	7.56 %
		551	138	8929.64	100.00 %	67.700	100.00 %

Fuente: Elaboración propia

La herramienta sugiere el uso de un contenedor de 40 pies y que el abastecimiento se lleve a cabo en una mayor cantidad en productos del nivel 1, los cuales ocupan una mayor capacidad en peso. Esto puede presentarse debido a que los de nivel 1, que son los más vendidos, presentan una mayor cantidad de faltantes, por lo que la herramienta da preferencia a la adquisición de estos.

En la tabla 4.21 se muestra el abastecimiento que realizó la empresa, en donde, se puede observar que está optó por pedir 100 productos y no los 138 que sugiere la herramienta. La pyme pidió un contenedor de 40 pies, y la herramienta sugiere

que se pida el mismo. Sin embargo, en el pedido de la mercancía el modelo sugiere aprovechar una mayor capacidad en peso del contenedor, mientras que la empresa únicamente aprovecha la capacidad del contenedor en volumen.

Tabla 4.21: Abastecimiento llevado a cabo por parte de la empresa

Esc.	Nivel	Prod. con demanda	Abast. sugerido	Peso <i>kg</i>	Peso en porcentaje	Volumen <i>m</i> ³	Volumen en porcentaje
Caso de estudio	1	128	43	3731.51	55.30 %	39.486	58.34 %
	2	152	40	2156.64	31.96 %	21.817	32.23 %
	3	271	17	860.07	12.75 %	6.382	9.43 %
		551	100	6748.23	100.00 %	67.687	100.00 %

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la coincidencia en los productos abastecidos, de los 100 que adquirió por la empresa, 27 coincidieron con los que sugiere la herramienta. Se puede notar que la herramienta sugiere un mayor abastecimiento de productos nivel 1 permitiendo que los que se abastezcan ocupen una mayor capacidad tanto en peso como en volumen.

Si se compara la demanda en volumen y peso existente cuando se llevó a cabo la experimentación, es razonable el hecho de que se elija un contenedor de 40 pies para satisfacer la mayor cantidad de volumen, ya que la demanda en peso es menor. Esto se puede observar en la tabla 4.22.

Tabla 4.22: Demandas de la experimentación caso de estudio

Esc.	Demanda exist. en vol. <i>m</i> ³	Demanda exist. en peso <i>kg</i>	Abasto sug. en vol. <i>m</i> ³	Abasto sug. en peso <i>kg</i>	Abasto hecho vol. <i>m</i> ³	Abasto hecho peso <i>kg</i>
Caso de estudio	98.384	11655.09	67.700	8929.64	67.687	6748.22

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los bienes solicitados, es posible ver que la empresa si realizó un

abastecimiento dando preferencia a los de nivel 1, que presentan más del 80 % de los ingresos (véase tabla 4.2), aún así, da una marcada preferencia a de nivel 2, que en sí representan aproximadamente el 15 % de los ingresos por venta, esa preferencia dada por parte de la empresa, la herramienta la enfoca a dar la importancia al nivel 1.

A continuación se muestra un análisis efectuado en trece productos, de los cuales cinco fueron adquiridos por la empresa en septiembre y los otros cinco fueron sugeridos por la herramienta mas no abastecidos por parte de la empresa y los últimos tres fueron abastecidos por la empresa y a su vez fueron sugeridos por la herramienta.

En la tabla 4.23 se puede observar que, cuatro de los artículos que la herramienta sugiere abastecer forman parte del nivel 1 y uno forma parte del nivel 2, por lo que tienen prioridad en el abastecimiento.

En cuatro de los artículo que la herramienta sugiere abastecer (18, 19, 96 y 200), se presentó desabasto, únicamente en uno no se presentó escases, pero el volumen de ventas disminuyó en comparación con el que se había estado presentando, una de las causas pudo ser la escases, al no haberlo adquirido.

En el caso de los productos que la empresa adquirió y el modelo no sugeria pedir, en tres no se presentaron ventas después de la adquisición y en el caso de los artículos 240 y 394 se tuvo un exceso de inventario. Únicamente en el 138 se satisfació la demanda sin caer en un sobre inventario y en el caso del 162, se obtuvieron bajas ventas después de su adquisición.

De los tres artículos que la empresa adquirió y a su vez la herramienta sugiere pedir, dos de ellos fueron adquiridos en una menor cantidad a la sugeridad y uno en una cantidad mayor a la propuesta. En el caso del producto 6, el cual fue adquirido en una cantidad menor, la escases fue notoria, ya que, los meses posteriores a la llegada del pedido, las ventas fueron menores, a pesar de ser un artículo de nivel 1 con ventas estables y valorado como un producto estrella. Lo mismo ocurrió con el

Tabla 4.23: Análisis de productos abastecidos y sugerencia de abastecimiento de la herramienta

Prod.	Nivel	Clase	Abastecido por la empresa	Sugerido por la herramienta	Comportamiento del producto después de que llegó el pedido
6	1	AY1	✓	✓	Se adquirió una cantidad menor a la sugerida por la herramienta.
18	1	AY2		✓	Desabasto del producto.
19	1	AY2		✓	Desabasto del producto.
21	1	AY2		✓	Presentó una reducción en ventas, debido a escases de producto.
25	1	AY2	✓		No presentó ventas después de su abastecimiento
57	1	AZ1	✓	✓	Se adquirió una cantidad mayor que la sugerida por la herramienta
96	1	AZ2		✓	Desabasto del producto.
138	2	BY1	✓		Se satisfizo la demanda de los clientes
161	2	BY2	✓		Presentó bajas ventas después de su adquisición
200	2	BZ1		✓	Desabasto del producto.
231	2	BZ2	✓	✓	Se adquirió una cantidad menor a la sugerida por la herramienta.
240	2	BZ2	✓		No presentó ventas. Hubo exceso de inventario.
394	3	CZ1	✓		No presentó ventas. Hubo exceso de inventario

Fuente: Elaboración propia

231, con la diferencia de que este artículo es nivel 2.

Finalmente, en el caso del producto 57, este fue adquirido en una cantidad mayor a la sugerida por la herramienta, por lo cual se cayó en un exceso de inventario.

En la siguiente sección se describen las conclusiones a las que se ha llegado después de realizar el ejercicio con la información del pedido llevado a cabo en septiembre.

4.6 CONCLUSIONES DE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA AL CASO DE ESTUDIO

Se puede concluir que el abastecimiento que efectuó la empresa fue bueno al dar prioridad a los artículos del nivel 1, pero por medio de la herramienta, es posible maximizar la capacidad en peso, ya que el que sugiere la herramienta en comparación con el hecho por la empresa contempla más de $2000kg$, por lo que se demuestra que el uso de la herramienta permite optimizar el espacio en volumen y peso. La herramienta da mayor prioridad al abastecimiento de productos nivel 1, que como se vió en la tabla 4.2, representan más del 80 % de los ingresos por venta.

La toma de decisión sobre que mercancías adquirir, no es una tarea sencilla. En el caso del ejercicio anterior, se observó que de los productos que sugiere adquirir la herramienta y de los que adquirió la empresa únicamente 27 coincidían, lo cual indica que, aunque los tomadores de decisiones en base a la experiencia y práctica del día a día tienen una idea de que bienes adquirir, por lo que, la herramienta en base a un soporte cuantitativo y científico, puede brindarles una sugerencia analítica basada en procurar un beneficio monetario a la empresa, al tener productos que representen un mayor ingreso.

La herramienta permite determinar en una forma cuantitativa cantidades convenientes de producto, procurando no caer en exceso de inventarios, ya que dentro

del modelo matemático se cuenta con una restricción que impide que al momento de sugerir el abastecimiento, se adquiera mayor cantidad de productos. Asimismo da prioridad a los productos que estratégicos, que como se vió en la tabla 4.23 presentaron desabasto.

Se recalca que la herramienta da una estrategia de abastecimiento, aún así los tomadores de decisiones pueden analizar otros factores, ya sea administrativos o financieros para llevar a cabo el pedido de productos de la forma que crean conveniente. Es por eso que se propone llevar a cabo el monitoreo r de las ventas semanalmente, pero cuando se tome la decisión de solicitar producto, debe considerarse que lo que se está pidiendo va a satisfacer la demanda hasta dentro de tres meses cuando llegue el pedido, por ello, la política de inventarios contempla un nivel s y S de inventarios.

Adicional a esto, al momento de proporcionar los datos de salidas y entradas, la herramienta da una advertencia, en donde indica si el producto ya se encuentra por debajo del nivel esperado de inventario (véase tabla 4.8).

En la sección 1.1, se mencionó el hecho de que la empresa esperaba abastecer toda la demanda de productos para un semestre con el pedido de un solo contenedor, lo cual puede no ser lo ideal, ya que, en las experimentaciones se comprobó que, en caso de que haya una demanda alta, la demanda en peso y volumen aumenta. Por lo que la empresa debe analizar el pedir más contenedores, si se tiene esa posibilidad. Ya que uno solo no cuenta con la capacidad de satisfacer la demanda, cuando esta es grande.

Como ya se dijo, se sugiere que el tiempo de monitoreo de ventas se haga semanalmente, debido a que la empresa realiza ventas al mayoreo, lo que puede ocasionar que de forma imprevista decaiga el nivel de inventario y en caso de que esta caída sea significativa, el modelo matemático puede sugerir realizar el pedido de una tarima o contenedor de 20 pies.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

La presente investigación propone un sistema de reabastecimiento basado en herramientas de gestión como la clasificación multicriterio, determinación de niveles de servicio, así como políticas de inventario, para que en conjunto establezcan el beneficio de importar o no cada producto del catálogo de proveedores asiáticos. Posteriormente se usa un modelo matemático que, en base al beneficio previamente establecido y las capacidades en volumen y peso de los productos, determina cuáles son aquellos artículos que brindan un mayor beneficio al ser pedidos, presentando un soporte basado en datos cuantitativos para los tomadores de decisiones.

5.1 CONCLUSIONES

En el mercado de venta de autopartes importadas, una mala planeación en el abastecimiento puede causar que los productos solicitados no sean los que dejen un mayor margen de ganancia a las empresas. La estrategia consiste en monitorear comportamiento de las ventas en busca de adquirir artículos competitivos con el fin de mejorar las oportunidades de negocio.

Una aprovisionamiento sin soporte cuantitativo y análisis previo puede provocar exceso de inventario, lo que ocasiona un lento flujo de efectivo, o, desabasto de

productos que ocasionan ventas perdidas e insatisfacción del cliente.

En la sección 4.2.2.1 se aprecia el cómo la implementación de una herramienta cuantitativa ayuda a la toma de decisiones al contemplar las técnicas y criterios analizados en el capítulo 2.

Se puede concluir que la implementación de una herramienta que lleva a cabo el uso de técnicas de control de inventarios, complementada con el uso de un modelo matemático, más la coordinación entre los distintos eslabones de la cadena de suministro interna y externa de una empresa puede traer beneficios en la correcta colocación de pedidos con tiempo de espera largo. Realizar periódicamente (en este caso se sugiere semanalmente) el monitoreo de las ventas y ejecutar el modelo matemático, permitirá que la empresa lleve un mejor control para efectuar en tiempo la colocación del pedido.

El hecho de dar inicio a la resolución de problemas con una técnica de clasificación de productos permite identificar el comportamiento de los mismos para determinar la importancia y por lo tanto la atención que deberá ser brindada para cada tipo de artículo. A su vez, el llevar a cabo el monitoreo de las ventas y establecimiento de políticas de inventarios es un soporte para las pymes, ya que, al conocer el comportamiento de los productos, se puede llevar a cabo un abastecimiento eficiente analizando cuáles artículos presentan el mayor provecho al momento de ser pedidos.

5.2 CONTRIBUCIONES

Este trabajo desarrolló un modelo de optimización para maximizar el uso de un contenedor con productos importados, basándose en políticas de inventarios, que además de servir para el control de los inventarios de una empresa, determinan el beneficio actualizado de traer el producto al realizar el monitoreo de ventas.

Hasta el momento, en la literatura no se encuentra un modelo de administración

y gestión para el abastecimiento de productos que tome en cuenta las características de establecer un beneficio basado en una política de inventarios, peso y volumen de los productos para resolver el problema de la colocación de pedidos con tiempo de espera largo, por esto, se considera de importancia la realización de la investigación presentada.

5.3 RECOMENDACIONES

En la empresa caso de estudio se contempla el pronóstico de la demanda basándose únicamente en los históricos de venta. Una forma de mejorarlo es llevar el resgistro de la demanda no satisfecha del cliente, para tomar en cuenta ésta en el pronóstico.

También se sugiere la actualización de la clasificación multicriterio de productos, esto debido la entrada y salida de nuevos vehículos en el mercado, para así, contemplar cambios en los patrones de demanda.

Por último, efectuar la capacitación del personal para el uso de la herramienta con el fin de aprovechar al máximo los beneficios de la misma. Aunado a esto, el uso de la información brindada por las hojas de cálculo podría ser utilizada en algún otro programa informático en caso de que las empresas cuenten con sistemas de información más sofisticados, que a su vez, podrían presentar mejores resultados a los obtenidos con la herramienta gratuita.

5.4 TRABAJO A FUTURO

Aunado al nivel de servicio y avance en ventas, se sugiere contemplar un beneficio extra, que tome en cuenta el volumen y peso de los productos. El catálogo de productos importados es extenso y con productos de diferentes características

como costos, pesos y tamaños. El hecho de tomar en cuenta el peso y volumen para establecer el beneficio de traer o no el producto puede ser un factor determinante y de análisis para establecer otra prioridad adicional a las que se contemplan.

Otra propuesta es hacer que el modelo sugiera pedir más de una tarima o contenedor, así como involucrar de una forma más detallada el costo de los diferentes tipos de envío, para que la herramienta tome en cuenta estos factores en su decisión.

APÉNDICE A

RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO

Como se mencionó en la sección 4.1.1 fueron obtenidas 22 clasificaciones diferentes en las cuales se encuentran los 627 productos. Los resultados se presentan en la tabla A.1 que muestra la clase asignada a cada artículo. Estos resultados forman parte del paso 1 que sigue la metodología propuesta. Dentro de la tabla, la abreviación Prod. representa al producto en cuestión.

Tabla A.1: Clasificación ABC-XYZ-123 del catálogo de productos importados

Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase
1	AX1	2	AX1	3	AX2	4	AX2	5	AX2
6	AY1	7	AY1	8	AY1	9	AY1	10	AY1
11	AY1	12	AY1	13	AY1	14	AY1	15	AY1
16	AY1	17	AY2	18	AY2	19	AY2	20	AY2
21	AY2	22	AY2	23	AY2	24	AY2	25	AY2
26	AY2	27	AY2	28	AY2	29	AY2	30	AY2
31	AY2	32	AY2	33	AY2	34	AY2	35	AY2
36	AY2	37	AY2	38	AY2	39	AY2	40	AY2
41	AY2	42	AY2	43	AY2	44	AY2	45	AY3
46	AY3	47	AY3	48	AY3	49	AY3	50	AY3

Continúa en la siguiente página

Tabla A.1 – *De la página anterior*

Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase
51	AY3	52	AY3	53	AY3	54	AY3	55	AY3
56	AZ1	57	AZ1	58	AZ1	59	AZ1	60	AZ1
61	AZ1	62	AZ1	63	AZ1	64	AZ1	65	AZ1
66	AZ1	67	AZ1	68	AZ1	69	AZ1	70	AZ1
71	AZ1	72	AZ1	73	AZ1	74	AZ1	75	AZ1
76	AZ1	77	AZ1	78	AZ1	79	AZ2	80	AZ2
81	AZ2	82	AZ2	83	AZ2	84	AZ2	85	AZ2
86	AZ2	87	AZ2	88	AZ2	89	AZ2	90	AZ2
91	AZ2	92	AZ2	93	AZ2	94	AZ2	95	AZ2
96	AZ2	97	AZ2	98	AZ2	99	AZ2	100	AZ2
101	AZ2	102	AZ2	103	AZ2	104	AZ2	105	AZ2
106	AZ2	107	AZ2	108	AZ2	109	AZ2	110	AZ2
111	AZ2	112	AZ2	113	AZ2	114	AZ2	115	AZ2
116	AZ2	117	AZ2	118	AZ2	119	AZ2	120	AZ2
121	AZ2	122	AZ3	123	AZ3	124	AZ3	125	AZ3
126	AZ3	127	AZ3	128	AZ3	129	AZ3	130	AZ3
131	AZ3	132	BX1	133	BX1	134	BX1	135	BX1
136	BX3	137	BX3	138	BY1	139	BY1	140	BY1
141	BY1	142	BY1	143	BY1	144	BY1	145	BY1
146	BY1	147	BY1	148	BY1	149	BY2	150	BY2
151	BY2	152	BY2	153	BY2	154	BY2	155	BY2
156	BY2	157	BY2	158	BY2	159	BY2	160	BY2
161	BY2	162	BY2	163	BY2	164	BY2	165	BY2
166	BY2	167	BY3	168	BY3	169	BY3	170	BY3
171	BY3	172	BY3	173	BY3	174	BY3	175	BY3
176	BY3	177	BY3	178	BY3	179	BY3	180	BZ1
181	BZ1	182	BZ1	183	BZ1	184	BZ1	185	BZ1
186	BZ1	187	BZ1	188	BZ1	189	BZ1	190	BZ1
191	BZ1	192	BZ1	193	BZ1	194	BZ1	195	BZ1
196	BZ1	197	BZ1	198	BZ1	199	BZ1	200	BZ1
201	BZ1	202	BZ1	203	BZ1	204	BZ1	205	BZ1
206	BZ1	207	BZ1	208	BZ1	209	BZ1	210	BZ1
211	BZ1	212	BZ1	213	BZ1	214	BZ1	215	BZ1

Continúa en la siguiente página

Tabla A.1 – *De la página anterior*

Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase
216	BZ2	217	BZ2	218	BZ2	219	BZ2	220	BZ2
221	BZ2	222	BZ2	223	BZ2	224	BZ2	225	BZ2
226	BZ2	227	BZ2	228	BZ2	229	BZ2	230	BZ2
231	BZ2	232	BZ2	233	BZ2	234	BZ2	235	BZ2
236	BZ2	237	BZ2	238	BZ2	239	BZ2	240	BZ2
241	BZ2	242	BZ2	243	BZ2	244	BZ2	245	BZ2
246	BZ2	247	BZ2	248	BZ2	249	BZ2	250	BZ2
251	BZ2	252	BZ2	253	BZ2	254	BZ2	255	BZ2
256	BZ2	257	BZ2	258	BZ2	259	BZ2	260	BZ2
261	BZ2	262	BZ2	263	BZ2	264	BZ2	265	BZ2
266	BZ2	267	BZ2	268	BZ2	269	BZ2	270	BZ2
271	BZ2	272	BZ2	273	BZ2	274	BZ2	275	BZ2
276	BZ2	277	BZ2	278	BZ2	279	BZ2	280	BZ2
281	BZ2	282	BZ2	283	BZ2	284	BZ3	285	BZ3
286	BZ3	287	BZ3	288	BZ3	289	BZ3	290	BZ3
291	BZ3	292	BZ3	293	BZ3	294	BZ3	295	BZ3
296	BZ3	297	BZ3	298	BZ3	299	BZ3	300	BZ3
301	BZ3	302	BZ3	303	BZ3	304	BZ3	305	BZ3
306	CY1	307	CY1	308	CY1	309	CY1	310	CY1
311	CY1	312	CY2	313	CY2	314	CY2	315	CY2
316	CY2	317	CY2	318	CY2	319	CY2	320	CY2
321	CY2	322	CY2	323	CY2	324	CY3	325	CY3
326	CY3	327	CY3	328	CY3	329	CY3	330	CY3
331	CY3	332	CZ1	333	CZ1	334	CZ1	335	CZ1
336	CZ1	337	CZ1	338	CZ1	339	CZ1	340	CZ1
341	CZ1	342	CZ1	343	CZ1	344	CZ1	345	CZ1
346	CZ1	347	CZ1	348	CZ1	349	CZ1	350	CZ1
351	CZ1	352	CZ1	353	CZ1	354	CZ1	355	CZ1
356	CZ1	357	CZ1	358	CZ1	359	CZ1	360	CZ1
361	CZ1	362	CZ1	363	CZ1	364	CZ1	365	CZ1
366	CZ1	367	CZ1	368	CZ1	369	CZ1	370	CZ1
371	CZ1	372	CZ1	373	CZ1	374	CZ1	375	CZ1
376	CZ1	377	CZ1	378	CZ1	379	CZ1	380	CZ1

Continúa en la siguiente página

Tabla A.1 – *De la página anterior*

Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase
381	CZ1	382	CZ1	383	CZ1	384	CZ1	385	CZ1
386	CZ1	387	CZ1	388	CZ1	389	CZ1	390	CZ1
391	CZ1	392	CZ1	393	CZ1	394	CZ1	395	CZ1
396	CZ1	397	CZ1	398	CZ1	399	CZ2	400	CZ2
401	CZ2	402	CZ2	403	CZ2	404	CZ2	405	CZ2
406	CZ2	407	CZ2	408	CZ2	409	CZ2	410	CZ2
411	CZ2	412	CZ2	413	CZ2	414	CZ2	415	CZ2
416	CZ2	417	CZ2	418	CZ2	419	CZ2	420	CZ2
421	CZ2	422	CZ2	423	CZ2	424	CZ2	425	CZ2
426	CZ2	427	CZ2	428	CZ2	429	CZ2	430	CZ2
431	CZ2	432	CZ2	433	CZ2	434	CZ2	435	CZ2
436	CZ2	437	CZ2	438	CZ2	439	CZ2	440	CZ2
441	CZ2	442	CZ2	443	CZ2	444	CZ2	445	CZ2
446	CZ2	447	CZ2	448	CZ2	449	CZ2	450	CZ2
451	CZ2	452	CZ2	453	CZ2	454	CZ2	455	CZ2
456	CZ2	457	CZ2	458	CZ2	459	CZ2	460	CZ2
461	CZ2	462	CZ2	463	CZ2	464	CZ2	465	CZ2
466	CZ2	467	CZ2	468	CZ2	469	CZ2	470	CZ2
471	CZ2	472	CZ2	473	CZ2	474	CZ2	475	CZ2
476	CZ2	477	CZ2	478	CZ2	479	CZ2	480	CZ2
481	CZ2	482	CZ2	483	CZ2	484	CZ2	485	CZ2
486	CZ2	487	CZ2	488	CZ2	489	CZ2	490	CZ2
491	CZ2	492	CZ2	493	CZ2	494	CZ2	495	CZ2
496	CZ2	497	CZ2	498	CZ2	499	CZ2	500	CZ2
501	CZ2	502	CZ2	503	CZ2	504	CZ2	505	CZ2
506	CZ3	507	CZ3	508	CZ3	509	CZ3	510	CZ3
511	CZ3	512	CZ3	513	CZ3	514	CZ3	515	CZ3
516	CZ3	517	CZ3	518	CZ3	519	CZ3	520	CZ3
521	CZ3	522	CZ3	523	CZ3	524	CZ3	525	CZ3
526	CZ3	527	CZ3	528	CZ3	529	CZ3	530	CZ3
531	CZ3	532	CZ3	533	CZ3	534	CZ3	535	CZ3
536	CZ3	537	CZ3	538	CZ3	539	CZ3	540	CZ3
541	CZ3	542	CZ3	543	CZ3	544	CZ3	545	CZ3

Continúa en la siguiente página

Tabla A.1 – *De la página anterior*

Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase	Prod.	Clase
546	CZ3	547	CZ3	548	CZ3	549	CZ3	550	CZ3
551	CZ3	552	CZ3	553	CZ3	554	CZ3	555	CZ3
556	CZ3	557	CZ3	558	CZ3	559	CZ3	560	CZ3
561	CZ3	562	CZ3	563	CZ3	564	CZ3	565	CZ3
566	CZ3	567	CZ3	568	CZ3	569	CZ3	570	CZ3
571	CZ3	572	CZ3	573	CZ3	574	CZ3	575	CZ3
576	CZ3	577	CZ3	578	CZ3	579	CZ3	580	CZ3
581	CZ3	582	CZ3	583	CZ3	584	CZ3	585	CZ3
586	CZ3	587	CZ3	588	CZ3	589	CZ3	590	CZ3
591	CZ3	592	CZ3	593	CZ3	594	CZ3	595	CZ3
596	CZ3	597	CZ3	598	CZ3	599	CZ3	600	CZ3
601	CZ3	602	CZ3	603	CZ3	604	CZ3	605	CZ3
606	CZ3	607	CZ3	608	CZ3	609	CZ3	610	CZ3
611	CZ3	612	CZ3	613	CZ3	614	CZ3	615	CZ3
616	CZ3	617	CZ3	618	CZ3	619	CZ3	620	CZ3
621	CZ3	622	CZ3	623	CZ3	624	CZ3	625	CZ3
626	CZ3	627	CZ3						

APÉNDICE B

RESULTADOS DE LOS NIVELES DE SERVICIO

En es capítulo se muestran los niveles de servicio asignados a los 627 productos. Como se mencionó en la sección 4.1.2, los artículos fueron clasificados en 3 niveles. Los resultados se presentan en la tabla B.1 muestran el nivel asignado a cada artículo. Estos resultados forman parte del paso 2 que sigue la metodología propuesta. Dentro de la tabla, la abreviación Prod. representa al producto en cuestión y la columna denominada con el nombre de Nivel, representa el nivel de servicio otorgado a cada producto.

Tabla B.1: Clasificación por nivel de servicio del catálogo de productos importados

Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel
1	1	2	1	3	1	4	1	5	1
6	1	7	1	8	1	9	1	10	1
11	1	12	1	13	1	14	1	15	1
16	1	17	1	18	1	19	1	20	1
21	1	22	1	23	1	24	1	25	1
26	1	27	1	28	1	29	1	30	1
31	1	32	1	33	1	34	1	35	1
36	1	37	1	38	1	39	1	40	1
41	1	42	1	43	1	44	1	45	1
46	1	47	1	48	1	49	1	50	1

Continúa en la siguiente página

Tabla B.1 – *De la página anterior*

Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel
51	1	52	1	53	1	54	1	55	1
56	1	57	1	58	1	59	1	60	1
61	1	62	1	63	1	64	1	65	1
66	1	67	1	68	1	69	1	70	1
71	1	72	1	73	1	74	1	75	1
76	1	77	1	78	1	79	1	80	1
81	1	82	1	83	1	84	1	85	1
86	1	87	1	88	1	89	1	90	1
91	1	92	1	93	1	94	1	95	1
96	1	97	1	98	1	99	1	100	1
101	1	102	1	103	1	104	1	105	1
106	1	107	1	108	1	109	1	110	1
111	1	112	1	113	1	114	1	115	1
116	1	117	1	118	1	119	1	120	1
121	1	122	1	123	1	124	1	125	1
126	1	127	1	128	1	129	1	130	1
131	1	132	1	133	1	134	1	135	1
136	1	137	1	138	2	139	2	140	2
141	2	142	2	143	2	144	2	145	2
146	2	147	2	148	2	149	2	150	2
151	2	152	2	153	2	154	2	155	2
156	2	157	2	158	2	159	2	160	2
161	2	162	2	163	2	164	2	165	2
166	2	167	2	168	2	169	2	170	2
171	2	172	2	173	2	174	2	175	2
176	2	177	2	178	2	179	2	180	2
181	2	182	2	183	2	184	2	185	2
186	2	187	2	188	2	189	2	190	2
191	2	192	2	193	2	194	2	195	2
196	2	197	2	198	2	199	2	200	2
201	2	202	2	203	2	204	2	205	2
206	2	207	2	208	2	209	2	210	2
211	2	212	2	213	2	214	2	215	2

Continúa en la siguiente página

Tabla B.1 – *De la página anterior*

Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel
216	2	217	2	218	2	219	2	220	2
221	2	222	2	223	2	224	2	225	2
226	2	227	2	228	2	229	2	230	2
231	2	232	2	233	2	234	2	235	2
236	2	237	2	238	2	239	2	240	2
241	2	242	2	243	2	244	2	245	2
246	2	247	2	248	2	249	2	250	2
251	2	252	2	253	2	254	2	255	2
256	2	257	2	258	2	259	2	260	2
261	2	262	2	263	2	264	2	265	2
266	2	267	2	268	2	269	2	270	2
271	2	272	2	273	2	274	2	275	2
276	2	277	2	278	2	279	2	280	2
281	2	282	2	283	2	284	2	285	2
286	2	287	2	288	2	289	2	290	2
291	2	292	2	293	2	294	2	295	2
296	2	297	2	298	2	299	2	300	2
301	2	302	2	303	2	304	2	305	2
306	3	307	3	308	3	309	3	310	3
311	3	312	3	313	3	314	3	315	3
316	3	317	3	318	3	319	3	320	3
321	3	322	3	323	3	324	3	325	3
326	3	327	3	328	3	329	3	330	3
331	3	332	3	333	3	334	3	335	3
336	3	337	3	338	3	339	3	340	3
341	3	342	3	343	3	344	3	345	3
346	3	347	3	348	3	349	3	350	3
351	3	352	3	353	3	354	3	355	3
356	3	357	3	358	3	359	3	360	3
361	3	362	3	363	3	364	3	365	3
366	3	367	3	368	3	369	3	370	3
371	3	372	3	373	3	374	3	375	3
376	3	377	3	378	3	379	3	380	3

Continúa en la siguiente página

Tabla B.1 – *De la página anterior*

Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel
381	3	382	3	383	3	384	3	385	3
386	3	387	3	388	3	389	3	390	3
391	3	392	3	393	3	394	3	395	3
396	3	397	3	398	3	399	3	400	3
401	3	402	3	403	3	404	3	405	3
406	3	407	3	408	3	409	3	410	3
411	3	412	3	413	3	414	3	415	3
416	3	417	3	418	3	419	3	420	3
421	3	422	3	423	3	424	3	425	3
426	3	427	3	428	3	429	3	430	3
431	3	432	3	433	3	434	3	435	3
436	3	437	3	438	3	439	3	440	3
441	3	442	3	443	3	444	3	445	3
446	3	447	3	448	3	449	3	450	3
451	3	452	3	453	3	454	3	455	3
456	3	457	3	458	3	459	3	460	3
461	3	462	3	463	3	464	3	465	3
466	3	467	3	468	3	469	3	470	3
471	3	472	3	473	3	474	3	475	3
476	3	477	3	478	3	479	3	480	3
481	3	482	3	483	3	484	3	485	3
486	3	487	3	488	3	489	3	490	3
491	3	492	3	493	3	494	3	495	3
496	3	497	3	498	3	499	3	500	3
501	3	502	3	503	3	504	3	505	3
506	3	507	3	508	3	509	3	510	3
511	3	512	3	513	3	514	3	515	3
516	3	517	3	518	3	519	3	520	3
521	3	522	3	523	3	524	3	525	3
526	3	527	3	528	3	529	3	530	3
531	3	532	3	533	3	534	3	535	3
536	3	537	3	538	3	539	3	540	3
541	3	542	3	543	3	544	3	545	3

Continúa en la siguiente página

Tabla B.1 – *De la página anterior*

Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel	Prod.	Nivel
546	3	547	3	548	3	549	3	550	3
551	3	552	3	553	3	554	3	555	3
556	3	557	3	558	3	559	3	560	3
561	3	562	3	563	3	564	3	565	3
566	3	567	3	568	3	569	3	570	3
571	3	572	3	573	3	574	3	575	3
576	3	577	3	578	3	579	3	580	3
581	3	582	3	583	3	584	3	585	3
586	3	587	3	588	3	589	3	590	3
591	3	592	3	593	3	594	3	595	3
596	3	597	3	598	3	599	3	600	3
601	3	602	3	603	3	604	3	605	3
606	3	607	3	608	3	609	3	610	3
611	3	612	3	613	3	614	3	615	3
616	3	617	3	618	3	619	3	620	3
621	3	622	3	623	3	624	3	625	3
626	3	627	3						

APÉNDICE C

POLÍTICAS DE INVENTARIOS

C.1 PRUEBAS DE NORMALIDAD

En la tabla C.1 se presentan los resultados de las hipótesis obtenidas en cada uno de los 627 productos. Donde el enunciado « acepta H_0 » denota a la hipótesis de distribución normal como aceptada, mientras que el enunciado « rechaza H_0 » confirma que se rechaza la hipótesis. Los resultados de las pruebas se obtienen de las fórmulas (2.18) y (2.13).

Tabla C.1: Resultado de las pruebas de normalidad Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov en los prod. importados

Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis
1	acepta H_0	2	acepta H_0	3	acepta H_0	4	acepta H_0
5	acepta H_0	6	acepta H_0	7	acepta H_0	8	rechaza H_0
9	acepta H_0	10	acepta H_0	11	acepta H_0	12	acepta H_0
13	acepta H_0	14	acepta H_0	15	acepta H_0	16	acepta H_0
17	acepta H_0	18	acepta H_0	19	acepta H_0	20	acepta H_0
21	acepta H_0	22	acepta H_0	23	acepta H_0	24	acepta H_0
25	acepta H_0	26	acepta H_0	27	acepta H_0	28	acepta H_0
29	acepta H_0	30	acepta H_0	31	acepta H_0	32	acepta H_0
33	acepta H_0	34	acepta H_0	35	acepta H_0	36	acepta H_0
37	acepta H_0	38	acepta H_0	39	acepta H_0	40	acepta H_0
41	acepta H_0	42	acepta H_0	43	acepta H_0	44	acepta H_0

Continúa en la siguiente página

Tabla C.1 – De la página anterior

Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis
45	acepta H_0	46	acepta H_0	47	acepta H_0	48	acepta H_0
49	acepta H_0	50	acepta H_0	51	acepta H_0	52	acepta H_0
53	acepta H_0	54	acepta H_0	55	acepta H_0	56	rechaza H_0
57	acepta H_0	58	rechaza H_0	59	acepta H_0	60	rechaza H_0
61	rechaza H_0	62	acepta H_0	63	acepta H_0	64	acepta H_0
65	rechaza H_0	66	rechaza H_0	67	acepta H_0	68	acepta H_0
69	rechaza H_0	70	acepta H_0	71	rechaza H_0	72	acepta H_0
73	acepta H_0	74	acepta H_0	75	rechaza H_0	76	rechaza H_0
77	acepta H_0	78	rechaza H_0	79	rechaza H_0	80	rechaza H_0
81	rechaza H_0	82	rechaza H_0	83	rechaza H_0	84	rechaza H_0
85	acepta H_0	86	rechaza H_0	87	rechaza H_0	88	rechaza H_0
89	rechaza H_0	90	acepta H_0	91	acepta H_0	92	acepta H_0
93	rechaza H_0	94	rechaza H_0	95	rechaza H_0	96	rechaza H_0
97	rechaza H_0	98	rechaza H_0	99	rechaza H_0	100	acepta H_0
101	acepta H_0	102	rechaza H_0	103	acepta H_0	104	rechaza H_0
105	acepta H_0	106	acepta H_0	107	acepta H_0	108	acepta H_0
109	rechaza H_0	110	rechaza H_0	111	acepta H_0	112	rechaza H_0
113	acepta H_0	114	rechaza H_0	115	rechaza H_0	116	rechaza H_0
117	acepta H_0	118	rechaza H_0	119	acepta H_0	120	rechaza H_0
121	acepta H_0	122	rechaza H_0	123	rechaza H_0	124	acepta H_0
125	acepta H_0	126	acepta H_0	127	rechaza H_0	128	acepta H_0
129	rechaza H_0	130	rechaza H_0	131	acepta H_0	132	acepta H_0
133	acepta H_0	134	acepta H_0	135	acepta H_0	136	acepta H_0
137	acepta H_0	138	acepta H_0	139	acepta H_0	140	acepta H_0
141	acepta H_0	142	acepta H_0	143	rechaza H_0	144	acepta H_0
145	acepta H_0	146	acepta H_0	147	acepta H_0	148	acepta H_0
149	acepta H_0	150	acepta H_0	151	acepta H_0	152	acepta H_0
153	acepta H_0	154	acepta H_0	155	acepta H_0	156	acepta H_0
157	acepta H_0	158	acepta H_0	159	acepta H_0	160	acepta H_0
161	acepta H_0	162	acepta H_0	163	acepta H_0	164	acepta H_0
165	acepta H_0	166	acepta H_0	167	acepta H_0	168	acepta H_0
169	acepta H_0	170	acepta H_0	171	acepta H_0	172	acepta H_0
173	acepta H_0	174	acepta H_0	175	acepta H_0	176	acepta H_0

Continúa en la siguiente página

Tabla C.1 – De la página anterior

Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis
177	acepta H_0	178	acepta H_0	179	acepta H_0	180	rechaza H_0
181	rechaza H_0	182	acepta H_0	183	rechaza H_0	184	rechaza H_0
185	rechaza H_0	186	rechaza H_0	187	acepta H_0	188	rechaza H_0
189	rechaza H_0	190	acepta H_0	191	acepta H_0	192	rechaza H_0
193	acepta H_0	194	rechaza H_0	195	rechaza H_0	196	rechaza H_0
197	acepta H_0	198	rechaza H_0	199	acepta H_0	200	rechaza H_0
201	rechaza H_0	202	rechaza H_0	203	rechaza H_0	204	acepta H_0
205	rechaza H_0	206	acepta H_0	207	acepta H_0	208	rechaza H_0
209	rechaza H_0	210	acepta H_0	211	acepta H_0	212	acepta H_0
213	rechaza H_0	214	rechaza H_0	215	rechaza H_0	216	rechaza H_0
217	rechaza H_0	218	rechaza H_0	219	rechaza H_0	220	acepta H_0
221	acepta H_0	222	rechaza H_0	223	rechaza H_0	224	rechaza H_0
225	acepta H_0	226	acepta H_0	227	acepta H_0	228	rechaza H_0
229	rechaza H_0	230	acepta H_0	231	acepta H_0	232	acepta H_0
233	rechaza H_0	234	rechaza H_0	235	rechaza H_0	236	rechaza H_0
237	acepta H_0	238	rechaza H_0	239	rechaza H_0	240	rechaza H_0
241	acepta H_0	242	rechaza H_0	243	acepta H_0	244	rechaza H_0
245	rechaza H_0	246	rechaza H_0	247	acepta H_0	248	rechaza H_0
249	acepta H_0	250	acepta H_0	251	acepta H_0	252	acepta H_0
253	rechaza H_0	254	acepta H_0	255	rechaza H_0	256	rechaza H_0
257	acepta H_0	258	rechaza H_0	259	rechaza H_0	260	rechaza H_0
261	acepta H_0	262	rechaza H_0	263	rechaza H_0	264	acepta H_0
265	acepta H_0	266	acepta H_0	267	rechaza H_0	268	rechaza H_0
269	rechaza H_0	270	acepta H_0	271	acepta H_0	272	rechaza H_0
273	rechaza H_0	274	rechaza H_0	275	rechaza H_0	276	rechaza H_0
277	rechaza H_0	278	acepta H_0	279	rechaza H_0	280	rechaza H_0
281	acepta H_0	282	rechaza H_0	283	rechaza H_0	284	rechaza H_0
285	rechaza H_0	286	acepta H_0	287	rechaza H_0	288	acepta H_0
289	acepta H_0	290	rechaza H_0	291	acepta H_0	292	rechaza H_0
293	rechaza H_0	294	rechaza H_0	295	rechaza H_0	296	rechaza H_0
297	acepta H_0	298	rechaza H_0	299	acepta H_0	300	acepta H_0
301	acepta H_0	302	acepta H_0	303	acepta H_0	304	acepta H_0
305	acepta H_0	306	acepta H_0	307	acepta H_0	308	acepta H_0

Continúa en la siguiente página

Tabla C.1 – De la página anterior

Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis
309	acepta H_0	310	acepta H_0	311	acepta H_0	312	acepta H_0
313	acepta H_0	314	acepta H_0	315	acepta H_0	316	acepta H_0
317	acepta H_0	318	acepta H_0	319	acepta H_0	320	acepta H_0
321	acepta H_0	322	acepta H_0	323	acepta H_0	324	acepta H_0
325	acepta H_0	326	rechaza H_0	327	acepta H_0	328	acepta H_0
329	acepta H_0	330	acepta H_0	331	acepta H_0	332	rechaza H_0
333	rechaza H_0	334	acepta H_0	335	rechaza H_0	336	acepta H_0
337	acepta H_0	338	acepta H_0	339	acepta H_0	340	rechaza H_0
341	rechaza H_0	342	rechaza H_0	343	rechaza H_0	344	rechaza H_0
345	rechaza H_0	346	acepta H_0	347	rechaza H_0	348	rechaza H_0
349	acepta H_0	350	acepta H_0	351	acepta H_0	352	rechaza H_0
353	rechaza H_0	354	rechaza H_0	355	acepta H_0	356	acepta H_0
357	rechaza H_0	358	acepta H_0	359	rechaza H_0	360	acepta H_0
361	rechaza H_0	362	rechaza H_0	363	acepta H_0	364	rechaza H_0
365	acepta H_0	366	rechaza H_0	367	rechaza H_0	368	rechaza H_0
369	rechaza H_0	370	rechaza H_0	371	rechaza H_0	372	rechaza H_0
373	rechaza H_0	374	rechaza H_0	375	rechaza H_0	376	rechaza H_0
377	rechaza H_0	378	rechaza H_0	379	rechaza H_0	380	rechaza H_0
381	rechaza H_0	382	rechaza H_0	383	rechaza H_0	384	rechaza H_0
385	rechaza H_0	386	rechaza H_0	387	rechaza H_0	388	rechaza H_0
389	rechaza H_0	390	rechaza H_0	391	rechaza H_0	392	acepta H_0
393	rechaza H_0	394	rechaza H_0	395	rechaza H_0	396	rechaza H_0
397	rechaza H_0	398	rechaza H_0	399	acepta H_0	400	rechaza H_0
401	rechaza H_0	402	rechaza H_0	403	acepta H_0	404	rechaza H_0
405	rechaza H_0	406	rechaza H_0	407	rechaza H_0	408	acepta H_0
409	rechaza H_0	410	rechaza H_0	411	acepta H_0	412	rechaza H_0
413	rechaza H_0	414	acepta H_0	415	acepta H_0	416	rechaza H_0
417	acepta H_0	418	rechaza H_0	419	rechaza H_0	420	rechaza H_0
421	acepta H_0	422	rechaza H_0	423	rechaza H_0	424	acepta H_0
425	rechaza H_0	426	rechaza H_0	427	acepta H_0	428	rechaza H_0
429	rechaza H_0	430	acepta H_0	431	rechaza H_0	432	acepta H_0
433	rechaza H_0	434	rechaza H_0	435	rechaza H_0	436	rechaza H_0
437	rechaza H_0	438	rechaza H_0	439	rechaza H_0	440	rechaza H_0

Continúa en la siguiente página

Tabla C.1 – De la página anterior

Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis
441	rechaza H_0	442	acepta H_0	443	rechaza H_0	444	rechaza H_0
445	rechaza H_0	446	rechaza H_0	447	rechaza H_0	448	acepta H_0
449	rechaza H_0	450	rechaza H_0	451	rechaza H_0	452	acepta H_0
453	acepta H_0	454	rechaza H_0	455	rechaza H_0	456	rechaza H_0
457	rechaza H_0	458	rechaza H_0	459	rechaza H_0	460	acepta H_0
461	rechaza H_0	462	rechaza H_0	463	rechaza H_0	464	acepta H_0
465	rechaza H_0	466	rechaza H_0	467	rechaza H_0	468	rechaza H_0
469	acepta H_0	470	acepta H_0	471	rechaza H_0	472	rechaza H_0
473	rechaza H_0	474	rechaza H_0	475	rechaza H_0	476	rechaza H_0
477	rechaza H_0	478	rechaza H_0	479	rechaza H_0	480	rechaza H_0
481	rechaza H_0	482	rechaza H_0	483	rechaza H_0	484	rechaza H_0
485	acepta H_0	486	rechaza H_0	487	rechaza H_0	488	rechaza H_0
489	rechaza H_0	490	rechaza H_0	491	rechaza H_0	492	rechaza H_0
493	rechaza H_0	494	rechaza H_0	495	rechaza H_0	496	rechaza H_0
497	rechaza H_0	498	rechaza H_0	499	rechaza H_0	500	rechaza H_0
501	rechaza H_0	502	rechaza H_0	503	rechaza H_0	504	rechaza H_0
505	rechaza H_0	506	acepta H_0	507	acepta H_0	508	rechaza H_0
509	rechaza H_0	510	rechaza H_0	511	rechaza H_0	512	rechaza H_0
513	acepta H_0	514	acepta H_0	515	rechaza H_0	516	acepta H_0
517	acepta H_0	518	acepta H_0	519	acepta H_0	520	acepta H_0
521	rechaza H_0	522	rechaza H_0	523	rechaza H_0	524	acepta H_0
525	rechaza H_0	526	acepta H_0	527	acepta H_0	528	rechaza H_0
529	acepta H_0	530	rechaza H_0	531	rechaza H_0	532	acepta H_0
533	acepta H_0	534	acepta H_0	535	rechaza H_0	536	rechaza H_0
537	rechaza H_0	538	rechaza H_0	539	rechaza H_0	540	acepta H_0
541	rechaza H_0	542	acepta H_0	543	acepta H_0	544	rechaza H_0
545	rechaza H_0	546	rechaza H_0	547	acepta H_0	548	rechaza H_0
549	rechaza H_0	550	rechaza H_0	551	rechaza H_0	552	rechaza H_0
553	rechaza H_0	554	rechaza H_0	555	acepta H_0	556	rechaza H_0
557	acepta H_0	558	rechaza H_0	559	acepta H_0	560	rechaza H_0
561	acepta H_0	562	rechaza H_0	563	rechaza H_0	564	rechaza H_0
565	rechaza H_0	566	rechaza H_0	567	rechaza H_0	568	rechaza H_0
569	rechaza H_0	570	rechaza H_0	571	rechaza H_0	572	rechaza H_0

Continúa en la siguiente página

Tabla C.1 – *De la página anterior*

Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis	Prod.	Hipótesis
573	rechaza H_0	574	rechaza H_0	575	rechaza H_0	576	rechaza H_0
577	rechaza H_0	578	rechaza H_0	579	rechaza H_0	580	rechaza H_0
581	rechaza H_0	582	rechaza H_0	583	rechaza H_0	584	rechaza H_0
585	rechaza H_0	586	rechaza H_0	587	rechaza H_0	588	rechaza H_0
589	acepta H_0	590	rechaza H_0	591	rechaza H_0	592	rechaza H_0
593	rechaza H_0	594	rechaza H_0	595	rechaza H_0	596	rechaza H_0
597	rechaza H_0	598	rechaza H_0	599	rechaza H_0	600	rechaza H_0
601	rechaza H_0	602	rechaza H_0	603	rechaza H_0	604	rechaza H_0
605	rechaza H_0	606	rechaza H_0	607	rechaza H_0	608	rechaza H_0
609	rechaza H_0	610	rechaza H_0	611	rechaza H_0	612	rechaza H_0
613	rechaza H_0	614	rechaza H_0	615	rechaza H_0	616	rechaza H_0
617	rechaza H_0	618	rechaza H_0	619	rechaza H_0	620	rechaza H_0
621	rechaza H_0	622	rechaza H_0	623	rechaza H_0	624	rechaza H_0
625	rechaza H_0	626	rechaza H_0	627	rechaza H_0		

C.2 NIVELES DE INVENTARIO

A continuación, se presentan los niveles de inventario mínimo, s ; e inventario ideal S sugerido a cada uno de los productos. Estos fueron calculados por medio de las ecuaciones (2.4) y (2.7) respectivamente.

Tabla C.2: Niveles de inventario s y S del catálogo de productos importados

Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S
1	246	395	2	334	789	3	629	2579
4	165	836	5	88	457	6	339	629
7	181	518	8	80	291	9	403	1855
10	147	687	11	117	528	12	45	225

Continúa en la siguiente página

Tabla C.2 – *De la página anterior*

Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S
13	123	632	14	348	2214	15	369	2849
16	163	1159	17	55	178	18	58	196
19	611	2412	20	67	258	21	571	2169
22	83	381	23	59	266	24	203	962
25	80	342	26	64	296	27	163	742
28	294	1435	29	27	151	30	131	729
31	30	197	32	134	888	33	55	348
34	66	407	35	181	1089	36	21	135
37	163	1099	38	52	363	39	63	425
40	296	2173	41	32	222	42	25	169
43	16	113	44	130	980	45	1784	2826
46	143	422	47	550	1931	48	45	154
49	40	188	50	637	4005	51	172	1081
52	365	2486	53	348	2487	54	34	226
55	34	246	56	858	1282	57	749	1263
58	156	232	59	205	422	60	480	840
61	754	1827	62	75	252	63	60	214
64	344	1315	65	384	1386	66	114	459
67	36	161	68	204	1003	69	376	1658
70	37	197	71	98	414	72	88	467
73	145	794	74	33	179	75	22	115
76	175	917	77	20	113	78	254	1311
79	539	725	80	130	293	81	136	375
82	121	350	83	88	231	84	76	236
85	76	304	86	107	370	87	283	1004
88	287	849	89	401	1564	90	103	428
91	51	207	92	102	451	93	52	210
94	51	180	95	203	579	96	187	740
97	177	627	98	27	114	99	193	532
100	189	966	101	65	362	102	64	317
103	34	180	104	69	280	105	54	296
106	129	743	107	58	324	108	57	328
109	52	323	110	112	500	111	256	1628

Continúa en la siguiente página

Tabla C.2 – *De la página anterior*

Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S
112	234	1347	113	143	870	114	126	745
115	45	202	116	56	315	117	78	478
118	166	909	119	11	72	120	35	223
121	176	1042	122	577	1325	123	482	972
124	141	575	125	249	1097	126	37	184
127	29	90	128	72	426	129	103	637
130	85	423	131	103	677	132	56	514
133	147	1711	134	35	398	135	66	1062
136	493	4937	137	31	423	138	16	150
139	289	2903	140	63	697	141	13	165
142	51	678	143	41	577	144	24	334
145	74	1129	146	90	1467	147	61	896
148	76	1236	149	86	738	150	24	210
151	92	898	152	11	125	153	25	280
154	13	135	155	101	1156	156	28	365
157	60	739	158	40	536	159	13	193
160	10	151	161	23	351	162	17	294
163	105	1573	164	15	242	165	25	394
166	38	629	167	23	227	168	9	98
169	75	860	170	74	824	171	13	156
172	7	102	173	50	659	174	119	1614
175	15	216	176	33	544	177	18	282
178	19	293	179	20	351	180	140	944
181	16	119	182	18	160	183	115	757
184	16	123	185	105	686	186	53	344
187	31	272	188	44	283	189	51	382
190	15	142	191	40	403	192	60	416
193	119	1099	194	12	95	195	17	176
196	12	117	197	9	89	198	17	184
199	300	3478	200	55	411	201	6	63
202	40	388	203	25	183	204	29	309
205	92	888	206	48	522	207	20	260
208	27	319	209	11	131	210	11	145

Continúa en la siguiente página

Tabla C.2 – *De la página anterior*

Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S
211	148	2011	212	12	149	213	30	367
214	32	391	215	56	762	216	72	487
217	214	1380	218	10	79	219	34	235
220	123	1068	221	21	172	222	138	1093
223	19	114	224	50	382	225	64	531
226	43	392	227	77	720	228	22	187
229	52	355	230	110	1056	231	77	710
232	137	1395	233	56	578	234	59	471
235	34	230	236	21	201	237	27	286
238	361	3315	239	41	348	240	44	300
241	7	75	242	70	604	243	4	46
244	14	157	245	23	225	246	46	501
247	75	805	248	73	516	249	157	1885
250	128	1310	251	17	176	252	41	493
253	14	155	254	159	1817	255	142	1247
256	76	874	257	30	352	258	11	109
259	10	94	260	12	121	261	18	230
262	88	1124	263	19	220	264	131	1517
265	53	595	266	7	86	267	120	1422
268	4	47	269	70	758	270	102	1234
271	33	435	272	62	679	273	58	671
274	3	37	275	42	501	276	38	401
277	140	1959	278	23	343	279	19	243
280	69	961	281	24	360	282	3	42
283	69	728	284	75	589	285	14	118
286	35	338	287	25	223	288	72	797
289	28	306	290	5	51	291	17	202
292	51	512	293	22	209	294	18	173
295	15	166	296	7	85	297	44	586
298	13	164	299	13	181	300	10	143
301	21	293	302	21	283	303	34	519
304	13	183	305	22	315	306	172	4195
307	53	1358	308	69	1830	309	14	343

Continúa en la siguiente página

Tabla C.2 – *De la página anterior*

Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S
310	43	1130	311	25	1434	312	39	810
313	133	3149	314	51	1192	315	77	1826
316	12	318	317	135	3445	318	7	186
319	24	712	320	34	1212	321	10	397
322	25	1189	323	138	6854	324	40	950
325	26	628	326	5	142	327	8	229
328	7	198	329	27	864	330	11	436
331	40	1669	332	18	300	333	32	509
334	19	337	335	18	295	336	25	497
337	26	505	338	17	337	339	44	898
340	5	102	341	30	622	342	3	71
343	6	137	344	17	395	345	22	515
346	171	4378	347	27	653	348	2	49
349	17	416	350	18	450	351	10	259
352	3	74	353	54	1306	354	32	847
355	17	460	356	167	4272	357	24	646
358	14	410	359	4	90	360	43	1295
361	6	154	362	10	267	363	30	962
364	17	503	365	8	240	366	2	55
367	15	413	368	1	42	369	3	84
370	2	56	371	91	3109	372	143	4264
373	16	513	374	2	59	375	2	61
376	31	963	377	8	298	378	101	4006
379	9	304	380	14	507	381	15	524
382	5	192	383	5	177	384	1	36
385	1	37	386	1	38	387	1	41
388	1	42	389	2	85	390	2	88
391	93	5053	392	12	733	393	7	406
394	1	28	395	4	259	396	12	1065
397	13	1245	398	1	110	399	7	126
400	36	624	401	20	271	402	3	50
403	63	1186	404	43	731	405	80	1360
406	18	289	407	27	457	408	38	737

Continúa en la siguiente página

Tabla C.2 – *De la página anterior*

Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S
409	6	116	410	10	179	411	107	2017
412	6	111	413	12	175	414	111	2107
415	3	72	416	4	72	417	113	2373
418	179	3411	419	6	123	420	3	59
421	13	279	422	7	128	423	13	231
424	7	154	425	84	1705	426	20	378
427	120	2717	428	31	618	429	6	124
430	122	2608	431	6	99	432	15	358
433	2	48	434	22	433	435	65	1447
436	5	100	437	4	100	438	14	341
439	9	229	440	14	346	441	2	43
442	26	728	443	3	77	444	39	1115
445	9	260	446	6	148	447	18	447
448	19	564	449	14	386	450	7	204
451	17	483	452	24	744	453	21	680
454	8	253	455	19	511	456	14	458
457	5	144	458	1	27	459	27	838
460	2	56	461	6	199	462	4	114
463	20	648	464	25	909	465	5	145
466	11	377	467	8	272	468	4	136
469	50	1963	470	25	954	471	28	776
472	16	559	473	3	97	474	10	387
475	7	322	476	36	1566	477	20	873
478	3	148	479	11	429	480	8	400
481	1	19	482	21	1007	483	24	1057
484	86	3487	485	26	1372	486	2	63
487	2	92	488	9	347	489	9	464
490	23	1340	491	12	676	492	3	179
493	2	130	494	2	107	495	3	161
496	66	3588	497	1	29	498	1	33
499	4	311	500	1	70	501	1	83
502	4	360	503	1	92	504	9	1035
505	3	620	506	11	190	507	6	106

Continúa en la siguiente página

Tabla C.2 – *De la página anterior*

Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S
508	5	86	509	2	37	510	14	215
511	42	780	512	1	7	513	8	158
514	30	608	515	5	100	516	7	143
517	4	80	518	14	295	519	9	190
520	15	334	521	17	278	522	15	259
523	6	113	524	4	96	525	2	35
526	6	135	527	4	99	528	3	56
529	5	123	530	9	170	531	7	162
532	37	896	533	17	415	534	4	87
535	2	49	536	4	71	537	4	102
538	2	51	539	5	113	540	4	115
541	1	21	542	9	255	543	13	352
544	7	173	545	9	250	546	4	89
547	9	264	548	4	104	549	3	93
550	4	97	551	3	75	552	4	101
553	2	51	554	17	523	555	23	772
556	3	83	557	11	419	558	3	85
559	4	157	560	3	86	561	9	344
562	3	86	563	10	275	564	12	320
565	8	278	566	6	219	567	6	147
568	4	119	569	3	104	570	5	179
571	5	179	572	4	122	573	3	123
574	6	172	575	2	78	576	4	173
577	97	3264	578	4	165	579	8	325
580	6	242	581	4	144	582	4	144
583	5	219	584	3	135	585	4	194
586	4	158	587	2	120	588	3	134
589	10	562	590	3	136	591	3	138
592	1	47	593	24	1168	594	2	94
595	2	98	596	1	49	597	1	50
598	4	203	599	15	897	600	1	52
601	6	259	602	8	452	603	6	269
604	2	111	605	1	85	606	3	181

Continúa en la siguiente página

Tabla C.2 – *De la página anterior*

Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S	Prod.	Nivel s	Nivel S
607	7	437	608	1	63	609	1	66
610	1	66	611	4	277	612	5	349
613	2	145	614	1	37	615	3	275
616	2	196	617	1	102	618	2	274
619	1	112	620	1	120	621	7	1002
622	1	69	623	1	153	624	1	156
625	1	313	626	1	171	627	1	175

C.3 INVENTARIO DE SEGURIDAD

En la tabla C.3 se muestra el inventario de seguridad sugerido, considerando los siguientes valores en los niveles de servicio. donde el nivel 1 equivale a un servicio del 90 %, el nivel 2 uno de 80 % y Nivel 3 es igual 70 %. El mismo fue calculado por medio de la ecuación (2.9).

Tabla C.3: Inventario de seguridad de acuerdo al nivel de servicio del catálogo de productos importados

Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.
1	40	2	59	3	142	4	38
5	20	6	102	7	63	8	27
9	114	10	42	11	38	12	14
13	49	14	133	15	119	16	65
17	17	18	22	19	195	20	25
21	222	22	23	23	20	24	64
25	31	26	23	27	63	28	102
29	10	30	50	31	8	32	39
33	18	34	22	35	66	36	7
37	49	38	14	39	24	40	97
41	12	42	10	43	6	44	45

Continúa en la siguiente página

Tabla C.3 – *De la página anterior*

Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.
45	673	46	43	47	189	48	18
49	12	50	184	51	59	52	112
53	105	54	13	55	12	56	383
57	341	58	88	59	87	60	270
61	404	62	32	63	28	64	155
65	199	66	56	67	16	68	85
69	187	70	15	71	54	72	38
73	63	74	15	75	10	76	87
77	10	78	139	79	268	80	69
81	68	82	62	83	54	84	41
85	31	86	56	87	145	88	170
89	191	90	46	91	24	92	43
93	25	94	29	95	132	96	98
97	103	98	14	99	134	100	82
101	27	102	31	103	15	104	40
105	24	106	56	107	26	108	26
109	22	110	65	111	104	112	109
113	63	114	58	115	27	116	28
117	36	118	87	119	5	120	16
121	87	122	308	123	335	124	57
125	118	126	16	127	20	128	32
129	47	130	48	131	46	132	13
133	28	134	8	135	16	136	112
137	7	138	5	139	89	140	19
141	3	142	13	143	11	144	7
145	16	146	19	147	18	148	20
149	25	150	7	151	24	152	2
153	5	154	3	155	30	156	6
157	16	158	12	159	4	160	3
161	6	162	3	163	32	164	4
165	7	166	11	167	6	168	3
169	20	170	21	171	3	172	2
173	14	174	35	175	5	176	7

Continúa en la siguiente página

Tabla C.3 – *De la página anterior*

Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.
177	5	178	6	179	5	180	61
181	6	182	6	183	55	184	7
185	54	186	28	187	11	188	24
189	24	190	5	191	13	192	32
193	46	194	6	195	6	196	5
197	4	198	6	199	102	200	32
201	2	202	19	203	15	204	12
205	44	206	20	207	6	208	10
209	4	210	3	211	50	212	5
213	13	214	14	215	22	216	31
217	104	218	4	219	16	220	40
221	8	222	55	223	11	224	21
225	24	226	15	227	27	228	9
229	28	230	42	231	32	232	49
233	20	234	29	235	20	236	8
237	10	238	162	239	20	240	26
241	3	242	34	243	2	244	5
245	10	246	18	247	29	248	44
249	50	250	55	251	7	252	14
253	6	254	58	255	73	256	28
257	10	258	5	259	5	260	5
261	6	262	29	263	7	264	53
265	22	266	2	267	47	268	1
269	32	270	40	271	12	272	28
273	25	274	2	275	18	276	19
277	47	278	8	279	8	280	27
281	9	282	1	283	38	284	33
285	6	286	11	287	11	288	24
289	10	290	2	291	6	292	22
293	10	294	8	295	6	296	3
297	15	298	5	299	5	300	4
301	8	302	8	303	11	304	4
305	8	306	31	307	8	308	10

Continúa en la siguiente página

Tabla C.3 – *De la página anterior*

Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.
309	3	310	9	311	5	312	7
313	24	314	11	315	14	316	2
317	27	318	1	319	5	320	7
321	2	322	5	323	23	324	7
325	5	326	1	327	2	328	1
329	5	330	2	331	9	332	5
333	11	334	5	335	6	336	6
337	7	338	5	339	12	340	2
341	9	342	1	343	2	344	5
345	6	346	39	347	7	348	1
349	5	350	5	351	3	352	1
353	17	354	9	355	4	356	51
357	6	358	3	359	2	360	10
361	2	362	3	363	7	364	6
365	2	366	1	367	6	368	0
369	2	370	1	371	26	372	56
373	6	374	1	375	1	376	13
377	3	378	31	379	3	380	6
381	6	382	2	383	2	384	1
385	1	386	1	387	1	388	1
389	1	390	1	391	27	392	3
393	3	394	0	395	1	396	4
397	5	398	1	399	2	400	10
401	8	402	1	403	14	404	14
405	26	406	7	407	9	408	9
409	2	410	3	411	32	412	2
413	5	414	33	415	1	416	1
417	27	418	55	419	2	420	1
421	3	422	3	423	5	424	2
425	26	426	8	427	29	428	10
429	2	430	36	431	2	432	4
433	1	434	9	435	22	436	2
437	1	438	4	439	2	440	5

Continúa en la siguiente página

Tabla C.3 – *De la página anterior*

Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.
441	1	442	6	443	1	444	10
445	2	446	2	447	6	448	5
449	4	450	2	451	6	452	7
453	5	454	2	455	7	456	4
457	1	458	1	459	9	460	1
461	2	462	1	463	7	464	6
465	2	466	3	467	3	468	1
469	13	470	6	471	14	472	5
473	2	474	3	475	3	476	10
477	6	478	1	479	4	480	2
481	0	482	6	483	9	484	36
485	6	486	1	487	1	488	4
489	3	490	6	491	4	492	1
493	1	494	1	495	1	496	27
497	0	498	0	499	2	500	0
501	1	502	2	503	0	504	3
505	1	506	3	507	1	508	2
509	1	510	5	511	11	512	0
513	2	514	7	515	1	516	2
517	1	518	3	519	2	520	4
521	7	522	6	523	2	524	1
525	1	526	1	527	1	528	1
529	1	530	4	531	2	532	9
533	4	534	1	535	1	536	2
537	1	538	1	539	1	540	1
541	1	542	2	543	3	544	2
545	3	546	1	547	2	548	1
549	1	550	1	551	1	552	1
553	1	554	5	555	6	556	1
557	3	558	2	559	1	560	1
561	2	562	1	563	4	564	5
565	3	566	2	567	3	568	1
569	1	570	1	571	1	572	2

Continúa en la siguiente página

Tabla C.3 – *De la página anterior*

Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.	Prod.	Inv. seg.
573	1	574	2	575	1	576	1
577	38	578	1	579	2	580	2
581	2	582	2	583	1	584	1
585	1	586	1	587	1	588	2
589	2	590	1	591	1	592	1
593	9	594	1	595	1	596	1
597	1	598	2	599	5	600	1
601	3	602	3	603	3	604	1
605	1	606	1	607	3	608	1
609	1	610	1	611	2	612	2
613	1	614	0	615	1	616	1
617	1	618	1	619	1	620	1
621	3	622	0	623	0	624	0
625	1	626	0	627	0		

APÉNDICE D

BENEFICIOS ESTABLECIDOS EN LA POLÍTICA DE INVENTARIOS

En la tabla D.1 puede corroborar los beneficios establecidos a cada producto basados en las política de inventarios. Este fue establecido tomando el establecido por volumen de piezas vendidas e ingresos, por movimiento en ventas, margen de ganancia y nivel de servicio propuesto a cada artículo.

Este beneficio, en conjunto con el de avance en ventas brindan un valor actualizado, el cual es colocado en el modelo matemático.

Tabla D.1: Beneficio establecido a partir de las políticas de inventarios

Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio
1	8.84390	2	7.40760	3	5.79752	4	5.86955
5	5.82424	6	7.25021	7	6.46255	8	6.19509
9	6.46568	10	6.47769	11	6.10325	12	6.47699
13	5.81768	14	5.90393	15	5.99771	16	5.69548
17	5.72835	18	5.57706	19	5.72171	20	5.68583
21	5.89121	22	5.73346	23	5.72117	24	5.67377
25	5.48498	26	5.56707	27	5.69796	28	5.53263
29	5.76471	30	5.61592	31	5.81903	32	5.92308

Continúa en la siguiente página

Tabla D.1 – *De la página anterior*

Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio
33	5.44885	34	5.48091	35	5.32978	36	5.31620
37	5.64475	38	5.94122	39	5.19113	40	5.30370
41	5.22353	42	5.69323	43	5.58608	44	5.69133
45	6.34261	46	5.61410	47	5.43481	48	5.09145
49	5.23056	50	5.27003	51	5.14736	52	5.13922
53	5.29586	54	4.83379	55	5.14407	56	6.77452
57	6.71536	58	5.85514	59	6.54281	60	5.66511
61	5.60199	62	6.01566	63	5.85755	64	6.02959
65	5.49805	66	5.61567	67	6.08499	68	5.99674
69	5.56661	70	5.91539	71	5.40127	72	6.16673
73	6.07563	74	5.66193	75	5.60660	76	5.78520
77	5.30631	78	5.46779	79	6.50806	80	5.19887
81	5.25049	82	5.36162	83	4.43577	84	4.78787
85	5.44936	86	4.97229	87	5.14112	88	4.64771
89	5.28552	90	5.25371	91	5.44443	92	5.39265
93	5.44134	94	4.71997	95	4.22873	96	4.81034
97	4.91018	98	4.91028	99	3.82182	100	5.48272
101	5.41138	102	5.25754	103	5.46340	104	4.47855
105	5.19681	106	5.36284	107	5.03885	108	5.29077
109	5.62151	110	4.74458	111	5.54831	112	5.43660
113	5.43465	114	5.24587	115	4.51929	116	5.22182
117	5.02288	118	4.76992	119	5.19553	120	4.95074
121	4.97600	122	4.84283	123	3.21861	124	5.10850
125	4.81445	126	4.45004	127	3.23855	128	4.87022
129	4.75717	130	4.35305	131	4.62101	132	6.53605
133	6.29447	134	6.44098	135	6.34513	136	5.31381
137	4.92681	138	5.65175	139	5.92245	140	5.66862
141	6.00077	142	5.72183	143	5.56439	144	6.03608
145	5.69937	146	5.81729	147	5.65541	148	5.74174

Continúa en la siguiente página

Tabla D.1 – *De la página anterior*

Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio
149	5.08774	150	5.22985	151	5.34489	152	5.29491
153	5.33140	154	5.27888	155	5.26498	156	5.64810
157	5.12598	158	5.08738	159	5.09955	160	4.86166
161	5.20914	162	5.12991	163	5.24352	164	5.33040
165	5.04019	166	5.01891	167	4.71173	168	4.60446
169	4.52380	170	4.67122	171	4.76483	172	5.02955
173	4.61732	174	4.81109	175	4.61463	176	4.82526
177	4.80941	178	4.63183	179	4.83273	180	4.91342
181	5.13917	182	5.66420	183	4.70631	184	5.19729
185	4.61293	186	4.35172	187	5.43173	188	4.52322
189	4.82304	190	5.30434	191	5.78887	192	4.94279
193	5.44570	194	4.89300	195	5.40926	196	5.24070
197	5.24970	198	5.45728	199	5.38197	200	3.95790
201	5.16932	202	5.12701	203	4.25559	204	5.37846
205	5.31138	206	5.06237	207	5.40839	208	5.15813
209	5.47681	210	5.42511	211	5.79905	212	5.06151
213	4.84474	214	4.93506	215	5.32817	216	4.47389
217	3.98066	218	5.08677	219	4.13805	220	4.81621
221	5.01247	222	4.93255	223	3.64960	224	4.64938
225	4.99093	226	4.68382	227	5.00637	228	4.53435
229	3.86392	230	4.75621	231	4.60252	232	4.96122
233	5.16998	234	3.93442	235	3.66493	236	4.72505
237	5.15121	238	4.52079	239	4.23733	240	3.45415
241	4.93126	242	3.97387	243	4.76159	244	5.14185
245	4.55925	246	5.00583	247	5.06396	248	3.19793
249	4.98412	250	4.85737	251	4.68928	252	4.98471
253	4.97580	254	4.84594	255	4.10711	256	4.80683
257	5.00186	258	4.67429	259	4.03931	260	4.40517
261	4.85617	262	5.23761	263	4.76315	264	4.90609

Continúa en la siguiente página

Tabla D.1 – *De la página anterior*

Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio
265	4.75632	266	5.17444	267	4.66658	268	4.89908
269	4.47743	270	4.43781	271	5.08081	272	4.12076
273	4.82194	274	4.56356	275	4.61405	276	4.07061
277	4.70031	278	5.03994	279	4.29185	280	4.76100
281	4.80546	282	4.85622	283	3.53064	284	4.06583
285	4.35458	286	4.64700	287	3.88486	288	4.47628
289	4.53730	290	4.25065	291	4.33614	292	4.05686
293	3.79075	294	3.88068	295	4.44112	296	4.31559
297	4.31145	298	4.55267	299	4.50350	300	4.33262
301	4.46279	302	4.31020	303	4.60279	304	4.53618
305	4.34094	306	5.80343	307	5.47720	308	5.78013
309	5.55118	310	5.62429	311	5.46058	312	4.99663
313	4.84497	314	4.97004	315	5.16107	316	4.75008
317	5.07061	318	4.76715	319	4.91113	320	4.81250
321	4.98762	322	4.65955	323	5.27569	324	4.48473
325	4.26380	326	4.17600	327	4.32716	328	4.30845
329	4.43025	330	4.58798	331	4.20272	332	4.84884
333	4.94091	334	5.01325	335	4.54800	336	5.62366
337	5.07996	338	4.86202	339	5.44350	340	4.50642
341	4.86897	342	4.84622	343	5.06813	344	5.38678
345	4.94104	346	5.81128	347	5.54900	348	4.54689
349	5.33956	350	5.54383	351	5.13672	352	4.65904
353	4.76246	354	5.03394	355	5.28803	356	4.69326
357	4.99111	358	5.28035	359	3.98199	360	5.35540
361	5.11548	362	4.80903	363	5.98154	364	4.76580
365	5.00671	366	4.26603	367	4.15427	368	4.97163
369	3.88527	370	4.04150	371	5.19847	372	4.58262
373	4.96153	374	4.64845	375	4.55761	376	4.12374
377	4.79850	378	4.82691	379	4.24194	380	4.19848

Continúa en la siguiente página

Tabla D.1 – *De la página anterior*

Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio
381	4.61517	382	4.51314	383	4.20784	384	3.78385
385	3.75808	386	3.77970	387	3.95810	388	3.70655
389	4.46684	390	4.58425	391	5.54883	392	4.98445
393	4.35123	394	3.39327	395	5.11499	396	5.43092
397	4.04595	398	3.55249	399	5.00878	400	4.54672
401	3.52198	402	4.24413	403	5.06630	404	4.54951
405	4.38460	406	4.23250	407	4.06108	408	4.68848
409	4.68707	410	4.24512	411	4.67238	412	4.20807
413	3.49659	414	4.52050	415	4.80379	416	4.56717
417	4.56131	418	4.32171	419	4.66375	420	3.76821
421	4.95767	422	4.14848	423	3.84095	424	4.75969
425	4.38734	426	3.95719	427	4.79216	428	4.13765
429	4.21498	430	4.45258	431	3.69705	432	4.84471
433	4.67336	434	3.85940	435	4.18196	436	3.67830
437	4.40008	438	4.46951	439	4.94806	440	4.15484
441	3.84049	442	4.63322	443	4.54307	444	4.76231
445	4.78426	446	4.38588	447	4.27096	448	4.94301
449	4.20031	450	4.22004	451	4.48915	452	4.64553
453	4.46466	454	4.59046	455	3.97513	456	4.76105
457	4.73268	458	3.20215	459	4.43168	460	4.15768
461	4.07591	462	4.52964	463	3.95455	464	4.72103
465	3.57434	466	4.34785	467	3.76623	468	4.45076
469	4.85661	470	4.81942	471	3.25688	472	4.38777
473	3.27734	474	4.18498	475	3.52303	476	4.58744
477	4.57398	478	4.28890	479	4.18073	480	4.37396
481	2.75500	482	4.61885	483	3.90147	484	3.38775
485	4.69513	486	2.75464	487	3.85690	488	3.19684
489	4.14624	490	4.35433	491	4.55871	492	4.25614
493	4.24303	494	2.95185	495	3.86727	496	3.45879

Continúa en la siguiente página

Tabla D.1 – *De la página anterior*

Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio
497	2.95148	498	2.95418	499	3.98310	500	3.78272
501	3.19554	502	3.64893	503	3.67712	504	4.58658
505	3.64197	506	3.99078	507	4.16822	508	3.79874
509	3.18542	510	3.13391	511	4.25806	512	2.56660
513	4.03693	514	4.31676	515	3.94117	516	4.11201
517	4.24366	518	4.34482	519	4.32075	520	4.36923
521	3.09884	522	3.35806	523	3.95720	524	4.06945
525	3.74315	526	4.22633	527	4.20689	528	3.64929
529	3.92892	530	3.48635	531	4.03618	532	4.36519
533	4.17239	534	4.10219	535	3.76894	536	2.64022
537	3.90032	538	3.52649	539	3.85086	540	4.12170
541	2.35889	542	4.03165	543	3.99136	544	3.71098
545	3.80818	546	3.74428	547	3.92542	548	4.03450
549	3.81087	550	3.81960	551	3.31610	552	3.49008
553	3.79524	554	3.98446	555	4.20037	556	3.05229
557	4.14838	558	2.35571	559	4.19672	560	3.70656
561	4.07288	562	2.86775	563	2.89037	564	2.63214
565	3.56348	566	4.07367	567	2.17352	568	3.17822
569	3.21010	570	3.90877	571	3.90877	572	3.12039
573	3.90038	574	3.16372	575	3.86101	576	3.84841
577	3.36219	578	3.91780	579	4.20321	580	3.73680
581	2.78267	582	2.78149	583	3.91626	584	3.22583
585	4.16121	586	3.56185	587	3.91231	588	2.75433
589	4.17303	590	3.21144	591	2.65572	592	2.55367
593	3.52953	594	3.57716	595	3.54645	596	2.35301
597	2.55358	598	3.27840	599	3.64211	600	2.35294
601	2.35394	602	3.13115	603	2.35252	604	2.93649
605	3.06532	606	3.26585	607	3.32623	608	2.47288
609	2.47282	610	2.47282	611	3.42629	612	2.60392

Continúa en la siguiente página

Tabla D.1 – *De la página anterior*

Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio	Prod.	Beneficio
613	2.75324	614	2.35231	615	3.18034	616	2.47283
617	2.36211	618	2.91715	619	2.47224	620	1.75022
621	3.09372	622	2.35176	623	2.55157	624	2.55307
625	2.47100	626	2.55230	627	1.75003		

APÉNDICE E

CONSIDERACIONES DE VOLUMEN Y PESO

En la tabla E.1 se presentan las características en peso, volumen y cantidad de piezas que contienen las cajas de cada tipo de producto.

Tabla E.1: Volumen, peso y piezas contenidas en cajas de los productos del catálogo de productos importados

Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg	Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg
1	18	0.146	9.39	2	4	0.086	9.44
3	70	0.146	9.66	4	50	0.055	7.61
5	48	0.116	6.48	6	16	0.094	8.71
7	64	0.177	14.68	8	92	0.055	2.56
9	72	0.130	14.93	10	20	0.079	19.82
11	76	0.132	4.05	12	54	0.050	24.60
13	67	0.212	6.08	14	160	0.268	15.03
15	60	0.093	23.34	16	49	0.062	24.39
17	27	0.065	6.57	18	18	0.117	7.53
19	90	0.219	9.63	20	65	0.088	15.22
21	23	0.038	11.09	22	51	0.036	20.73

Continúa en la siguiente página

Tabla E.1 – *De la página anterior*

Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg	Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg
23	11	0.116	17.97	24	92	0.058	16.61
25	72	0.077	4.19	26	28	0.178	8.95
27	60	0.106	1.71	28	84	0.051	23.86
29	11	0.036	7.12	30	99	0.111	3.14
31	34	0.053	3.17	32	77	0.278	19.54
33	86	0.138	2.18	34	81	0.286	5.94
35	31	0.037	23.54	36	37	0.057	21.61
37	33	0.069	3.70	38	60	0.060	11.44
39	50	0.043	16.94	40	50	0.056	5.60
41	25	0.187	5.21	42	29	0.070	10.11
43	66	0.059	3.79	44	50	0.079	15.00
45	50	0.068	13.26	46	29	0.041	12.32
47	50	0.024	14.04	48	5	0.162	17.14
49	12	0.124	12.62	50	79	0.084	13.43
51	35	0.043	6.31	52	91	0.047	8.84
53	72	0.116	16.53	54	26	0.236	14.48
55	76	0.065	17.75	56	50	0.191	10.00
57	29	0.104	10.87	58	81	0.230	18.96
59	33	0.083	12.43	60	83	0.098	6.95
61	31	0.064	7.05	62	82	0.082	19.51
63	22	0.074	22.86	64	86	0.084	18.80
65	83	0.020	9.79	66	10	0.109	20.00
67	32	0.074	12.59	68	32	0.086	10.18
69	50	0.044	12.01	70	14	0.147	14.96
71	66	0.050	10.04	72	39	0.115	2.11
73	39	0.154	15.49	74	89	0.085	18.78
75	88	0.029	17.91	76	63	0.038	12.89
77	93	0.106	6.27	78	82	0.022	6.48
79	12	0.087	7.55	80	56	0.274	19.39

Continúa en la siguiente página

Tabla E.1 – *De la página anterior*

Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg	Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg
81	77	0.205	7.34	82	11	0.122	1.62
83	22	0.090	7.48	84	13	0.098	18.51
85	17	0.054	10.02	86	35	0.079	8.00
87	34	0.159	5.96	88	38	0.186	8.06
89	24	0.103	4.49	90	12	0.095	10.18
91	58	0.139	6.69	92	36	0.111	10.13
93	5	0.109	14.10	94	62	0.130	4.84
95	85	0.096	19.88	96	58	0.050	9.87
97	14	0.016	14.23	98	69	0.079	4.48
99	24	0.169	6.50	100	50	0.181	3.47
101	77	0.073	13.41	102	90	0.112	14.58
103	18	0.326	7.02	104	79	0.126	21.35
105	8	0.099	7.89	106	200	0.033	8.90
107	48	0.138	2.06	108	100	0.105	7.57
109	20	0.078	22.86	110	61	0.101	6.95
111	77	0.061	5.13	112	29	0.052	23.55
113	74	0.055	1.30	114	40	0.226	13.45
115	29	0.120	12.81	116	31	0.037	11.84
117	49	0.154	15.72	118	40	0.241	14.90
119	7	0.051	2.09	120	108	0.116	20.00
121	15	0.074	2.13	122	64	0.230	22.78
123	26	0.064	22.68	124	87	0.052	2.04
125	99	0.137	17.96	126	84	0.094	2.56
127	40	0.015	17.96	128	65	0.095	5.62
129	48	0.121	17.99	130	59	0.017	10.85
131	20	0.016	16.66	132	57	0.136	15.65
133	100	0.013	4.12	134	82	0.223	19.77
135	51	0.131	5.25	136	70	0.096	17.16
137	48	0.095	6.20	138	36	0.137	21.93

Continúa en la siguiente página

Tabla E.1 – *De la página anterior*

Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg	Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg
139	41	0.076	4.15	140	80	0.088	10.51
141	79	0.046	23.16	142	91	0.150	2.05
143	89	0.027	24.79	144	97	0.281	22.78
145	50	0.024	12.90	146	74	0.093	15.47
147	36	0.031	20.03	148	40	0.187	6.14
149	71	0.184	11.73	150	66	0.068	1.53
151	36	0.011	21.43	152	85	0.103	12.31
153	20	0.125	17.95	154	63	0.282	12.31
155	54	0.163	8.39	156	28	0.167	3.56
157	98	0.166	11.62	158	25	0.198	21.95
159	55	0.217	19.12	160	52	0.057	20.64
161	28	0.146	19.27	162	66	0.207	8.11
163	100	0.087	8.00	164	18	0.064	10.97
165	30	0.026	11.00	166	30	0.203	2.82
167	58	0.024	19.02	168	90	0.084	3.44
169	57	0.092	18.45	170	34	0.172	24.75
171	72	0.151	15.34	172	53	0.036	15.44
173	43	0.176	19.39	174	24	0.025	19.69
175	11	0.090	5.89	176	26	0.117	9.13
177	77	0.196	5.98	178	20	0.109	12.23
179	88	0.039	12.62	180	100	0.059	11.01
181	54	0.079	14.96	182	26	0.078	17.61
183	87	0.114	7.35	184	56	0.122	7.31
185	100	0.126	18.71	186	25	0.099	3.84
187	18	0.161	9.60	188	72	0.057	11.83
189	81	0.150	18.92	190	88	0.076	23.21
191	20	0.087	18.37	192	79	0.031	24.40
193	36	0.156	2.23	194	74	0.123	8.81
195	90	0.058	23.05	196	45	0.029	24.35

Continúa en la siguiente página

Tabla E.1 – *De la página anterior*

Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg	Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg
197	64	0.082	17.16	198	45	0.172	9.85
199	150	0.024	9.34	200	33	0.079	4.44
201	78	0.144	18.21	202	28	0.091	11.63
203	91	0.039	17.14	204	29	0.189	2.74
205	50	0.043	20.31	206	67	0.135	11.83
207	78	0.039	21.43	208	55	0.116	20.47
209	39	0.266	3.03	210	36	0.036	10.15
211	77	0.055	14.53	212	10	0.153	21.76
213	46	0.205	11.25	214	18	0.125	7.70
215	20	0.105	13.80	216	49	0.134	17.81
217	73	0.063	6.56	218	65	0.081	1.13
219	63	0.149	9.60	220	58	0.110	9.95
221	74	0.122	9.29	222	57	0.106	2.23
223	31	0.139	3.39	224	34	0.119	19.79
225	33	0.076	17.91	226	84	0.114	22.48
227	75	0.070	6.06	228	28	0.050	20.68
229	64	0.342	2.22	230	150	0.044	8.54
231	44	0.087	22.39	232	50	0.033	15.70
233	30	0.187	14.14	234	36	0.057	9.75
235	88	0.113	8.05	236	23	0.038	18.00
237	48	0.125	3.16	238	534	0.087	13.38
239	71	0.065	22.32	240	8	0.049	4.05
241	91	0.039	16.62	242	26	0.035	3.97
243	25	0.043	11.08	244	69	0.055	4.42
245	66	0.097	11.17	246	20	0.013	2.97
247	68	0.154	18.17	248	67	0.063	12.14
249	200	0.024	8.38	250	89	0.120	19.75
251	86	0.065	13.60	252	72	0.045	9.05
253	40	0.102	23.07	254	92	0.088	8.84

Continúa en la siguiente página

Tabla E.1 – *De la página anterior*

Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg	Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg
255	44	0.200	1.60	256	90	0.032	6.41
257	47	0.069	13.98	258	5	0.037	11.56
259	86	0.055	10.01	260	69	0.046	18.80
261	52	0.200	23.38	262	96	0.205	8.47
263	99	0.064	21.79	264	96	0.128	8.84
265	28	0.180	14.09	266	5	0.109	1.73
267	68	0.184	14.86	268	95	0.241	2.50
269	30	0.016	12.16	270	50	0.194	22.87
271	37	0.126	7.84	272	30	0.108	3.30
273	64	0.131	17.84	274	60	0.304	9.08
275	96	0.158	14.21	276	16	0.024	5.80
277	52	0.151	6.93	278	97	0.196	18.93
279	64	0.141	3.63	280	86	0.023	10.52
281	93	0.033	4.59	282	27	0.083	9.57
283	86	0.100	14.32	284	10	0.016	11.34
285	54	0.184	16.87	286	96	0.174	22.24
287	14	0.056	5.99	288	38	0.163	8.90
289	11	0.115	2.89	290	5	0.026	17.22
291	18	0.057	5.00	292	99	0.036	11.10
293	17	0.035	23.92	294	59	0.191	21.43
295	82	0.090	15.32	296	82	0.216	8.31
297	38	0.044	5.10	298	14	0.252	12.26
299	10	0.021	15.00	300	50	0.224	18.09
301	55	0.183	14.05	302	25	0.044	17.50
303	48	0.021	9.00	304	80	0.092	1.90
305	36	0.105	14.74	306	67	0.099	9.77
307	68	0.033	9.21	308	99	0.071	19.87
309	80	0.028	9.10	310	28	0.074	15.70
311	72	0.157	19.86	312	45	0.107	17.07

Continúa en la siguiente página

Tabla E.1 – *De la página anterior*

Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg	Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg
313	58	0.046	9.79	314	38	0.047	3.61
315	47	0.089	6.00	316	59	0.143	6.06
317	51	0.038	1.07	318	73	0.204	2.54
319	54	0.097	21.36	320	92	0.034	20.61
321	56	0.026	6.27	322	91	0.069	9.29
323	80	0.094	11.52	324	83	0.063	11.88
325	17	0.085	6.86	326	5	0.109	7.28
327	33	0.147	13.26	328	8	0.010	19.33
329	55	0.179	3.07	330	34	0.042	15.63
331	91	0.051	18.74	332	21	0.069	8.09
333	98	0.120	7.81	334	42	0.215	9.36
335	50	0.075	10.26	336	40	0.279	4.86
337	13	0.062	17.76	338	40	0.062	2.67
339	100	0.013	13.77	340	50	0.121	15.16
341	43	0.038	7.43	342	36	0.068	4.86
343	23	0.073	2.39	344	55	0.173	20.55
345	30	0.021	11.22	346	200	0.013	2.04
347	19	0.071	3.04	348	81	0.127	23.24
349	52	0.178	10.56	350	60	0.155	20.10
351	80	0.122	18.38	352	45	0.074	22.64
353	25	0.087	2.01	354	64	0.194	7.96
355	48	0.050	8.11	356	300	0.057	11.74
357	59	0.048	4.43	358	65	0.104	5.34
359	22	0.074	15.20	360	65	0.021	7.87
361	38	0.173	21.05	362	83	0.268	23.94
363	34	0.057	20.43	364	47	0.081	8.23
365	61	0.148	24.21	366	90	0.043	4.21
367	55	0.164	21.69	368	79	0.069	3.29
369	56	0.185	18.10	370	74	0.038	23.28

Continúa en la siguiente página

Tabla E.1 – *De la página anterior*

Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg	Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg
371	93	0.092	11.16	372	64	0.070	18.09
373	42	0.085	2.95	374	28	0.041	18.92
375	5	0.045	9.82	376	81	0.129	11.14
377	100	0.086	15.94	378	83	0.049	19.36
379	25	0.186	7.74	380	86	0.161	18.61
381	71	0.155	14.71	382	58	0.067	4.77
383	41	0.109	15.72	384	64	0.045	20.73
385	100	0.032	9.03	386	49	0.173	18.95
387	63	0.124	18.30	388	32	0.125	3.40
389	38	0.055	7.69	390	45	0.046	19.72
391	85	0.092	15.59	392	45	0.251	16.38
393	32	0.067	23.26	394	20	0.163	1.56
395	70	0.085	1.75	396	25	0.059	16.30
397	53	0.079	14.77	398	54	0.013	22.58
399	57	0.229	4.18	400	87	0.098	18.29
401	100	0.180	10.28	402	79	0.198	22.70
403	50	0.037	7.42	404	44	0.284	22.01
405	43	0.158	4.39	406	11	0.069	2.08
407	66	0.108	8.54	408	17	0.101	3.00
409	5	0.178	24.89	410	47	0.064	1.08
411	80	0.041	6.06	412	26	0.164	2.91
413	51	0.079	3.47	414	84	0.206	13.78
415	19	0.097	12.83	416	95	0.069	8.69
417	48	0.135	13.19	418	36	0.013	1.08
419	85	0.211	8.32	420	23	0.152	22.54
421	73	0.075	2.60	422	8	0.089	2.47
423	10	0.086	2.09	424	8	0.103	6.43
425	58	0.108	5.80	426	50	0.158	24.54
427	59	0.106	3.15	428	92	0.132	10.07

Continúa en la siguiente página

Tabla E.1 – *De la página anterior*

Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg	Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg
429	45	0.047	15.49	430	95	0.077	19.72
431	98	0.118	5.29	432	53	0.261	4.33
433	66	0.070	10.96	434	43	0.052	16.32
435	80	0.021	8.10	436	86	0.073	12.97
437	10	0.138	21.33	438	79	0.052	13.95
439	24	0.127	2.50	440	19	0.088	5.78
441	93	0.063	7.91	442	94	0.025	24.79
443	37	0.047	24.94	444	100	0.016	14.14
445	82	0.113	18.89	446	23	0.073	20.27
447	63	0.202	17.04	448	36	0.047	17.51
449	49	0.064	10.90	450	69	0.098	24.18
451	25	0.073	15.27	452	10	0.019	3.96
453	50	0.013	2.44	454	37	0.102	9.68
455	36	0.048	24.24	456	16	0.041	20.78
457	90	0.068	20.24	458	15	0.118	9.45
459	28	0.121	18.70	460	24	0.101	16.09
461	76	0.188	18.43	462	82	0.045	8.50
463	10	0.052	13.14	464	17	0.104	14.79
465	87	0.108	23.19	466	8	0.017	18.16
467	38	0.035	2.35	468	5	0.032	19.07
469	97	0.020	15.27	470	50	0.054	3.14
471	250	0.013	2.66	472	30	0.109	9.67
473	66	0.153	15.91	474	11	0.144	10.94
475	24	0.150	10.73	476	68	0.084	6.58
477	79	0.041	20.26	478	5	0.098	5.47
479	76	0.047	15.11	480	30	0.013	4.08
481	97	0.097	14.93	482	30	0.035	4.28
483	62	0.145	14.02	484	34	0.063	14.72
485	12	0.019	14.70	486	78	0.111	15.32

Continúa en la siguiente página

Tabla E.1 – *De la página anterior*

Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg	Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg
487	89	0.112	7.31	488	24	0.021	4.61
489	34	0.074	23.25	490	168	0.016	4.70
491	70	0.112	8.82	492	58	0.331	23.24
493	55	0.184	8.89	494	38	0.102	15.47
495	7	0.014	11.06	496	62	0.077	9.56
497	90	0.250	24.33	498	86	0.068	22.12
499	71	0.201	9.47	500	52	0.067	14.98
501	78	0.024	7.81	502	49	0.058	18.23
503	13	0.174	15.83	504	66	0.175	16.09
505	46	0.390	10.51	506	99	0.151	23.53
507	86	0.057	5.55	508	21	0.079	8.29
509	5	0.030	13.00	510	57	0.236	9.23
511	56	0.039	6.01	512	26	0.083	21.27
513	95	0.053	3.29	514	80	0.033	14.96
515	35	0.246	7.32	516	25	0.090	24.78
517	7	0.156	1.49	518	37	0.045	6.27
519	95	0.249	17.21	520	96	0.159	8.35
521	6	0.084	8.05	522	32	0.064	21.45
523	73	0.038	17.98	524	16	0.080	9.51
525	34	0.051	21.98	526	93	0.177	7.28
527	79	0.063	5.96	528	18	0.157	24.91
529	79	0.047	17.92	530	81	0.145	15.78
531	17	0.072	8.89	532	70	0.118	11.82
533	50	0.033	5.18	534	80	0.130	6.35
535	71	0.105	21.96	536	10	0.033	18.08
537	63	0.083	5.79	538	5	0.109	11.66
539	74	0.048	5.11	540	28	0.076	4.94
541	64	0.046	11.41	542	39	0.120	16.25
543	38	0.083	21.47	544	97	0.060	4.71

Continúa en la siguiente página

Tabla E.1 – *De la página anterior*

Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg	Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg
545	37	0.202	17.09	546	70	0.097	13.63
547	58	0.030	2.02	548	25	0.085	21.23
549	34	0.121	7.63	550	59	0.173	14.93
551	48	0.268	14.45	552	46	0.201	17.37
553	29	0.079	11.67	554	81	0.177	21.30
555	88	0.201	13.87	556	86	0.094	13.37
557	90	0.214	11.10	558	86	0.063	12.96
559	25	0.082	21.95	560	68	0.040	14.45
561	74	0.066	6.78	562	72	0.149	10.13
563	45	0.226	16.50	564	91	0.023	14.99
565	19	0.095	1.11	566	45	0.056	21.09
567	37	0.038	16.49	568	67	0.287	8.32
569	94	0.022	9.05	570	37	0.054	4.16
571	85	0.069	1.18	572	82	0.058	12.76
573	84	0.113	6.86	574	51	0.056	20.35
575	4	0.033	15.79	576	36	0.077	6.39
577	650	0.016	3.62	578	90	0.085	9.95
579	75	0.129	9.53	580	9	0.200	19.03
581	68	0.023	22.68	582	51	0.203	9.78
583	24	0.248	12.78	584	15	0.147	11.30
585	8	0.063	4.41	586	10	0.093	22.73
587	96	0.150	8.72	588	92	0.206	11.87
589	25	0.257	22.43	590	46	0.095	19.54
591	60	0.222	3.22	592	84	0.287	18.08
593	30	0.143	4.04	594	41	0.085	3.71
595	64	0.046	19.64	596	27	0.154	6.76
597	8	0.141	17.74	598	30	0.021	13.57
599	31	0.215	16.47	600	88	0.067	7.46
601	17	0.137	23.36	602	15	0.189	8.85

Continúa en la siguiente página

Tabla E.1 – *De la página anterior*

Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg	Prod.	Piezas	Volumen m^3	Peso kg
603	35	0.105	11.48	604	7	0.182	3.00
605	7	0.211	1.26	606	79	0.224	13.15
607	97	0.034	7.18	608	41	0.047	22.92
609	50	0.199	22.32	610	84	0.114	12.18
611	47	0.087	10.09	612	84	0.029	6.97
613	56	0.050	15.22	614	38	0.101	23.56
615	87	0.220	3.72	616	62	0.036	13.88
617	24	0.275	8.15	618	77	0.125	3.30
619	43	0.045	8.20	620	11	0.039	19.92
621	88	0.171	14.33	622	9	0.162	16.40
623	70	0.027	14.03	624	67	0.048	1.88
625	30	0.071	6.40	626	49	0.060	3.08
627	10	0.023	19.74				

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, P. A. (2012), «Un modelo de clasificación de inventarios para incrementar el nivel de servicio al cliente y la rentabilidad de la empresa», *Pensamiento y Gestión*, **32**, págs. 142–164.
- AHMAD, F. y R. A. KHAN (2015), «A power comparison of various normality tests», *Pakistan Journal of Statistics and Operation Research*, **11**(3).
- ALIYU, I. y B. SANI (2018), «An Inventory model for deteriorating items with generalised exponential decreasing demand, constant holding cost and time-varying deterioration rate», *American Journal of Operations Research*, **8**(01), págs. 1–16.
- ÁLVAREZ, L. y L. CUADROS (2012), «Las importaciones chinas y su impacto en el mercado de autopartes de repuesto mexicano», *Problemas del desarrollo*, **169**(43), págs. 97–119.
- ALVAREZ, R. (2013), «Evolución y perspectivas del sector de autopartes en México», *Informe técnico*, Industria Nacional de Autopartes A.C.
- ANDERSON, A. y E. MOLIN (2017), *Procurement policy - a conceptual design to optimize purchasing policy and safety stocks*, Tesis de Maestría, The School of Business, Society and Engineering.
- AXSÄTER, S. (2007), «A heuristic for triggering emergency orders in an inventory system», *European Journal of Operational Research*, **176**(2), págs. 880–891.
- BABAI, M. Z., T. LADHARI y I. LAJILI (2015), «On the inventory performance of multi-criteria classification methods: empirical investigation», *International Journal of Production Research*, **53**(1), págs. 279–290.

- BALLOU, R. H. (2004), *Logística administración de la cadena de suministro*, quinta edición, Prentice Hall.
- BEN-DAYA, M. y A. RAOUF (1994), «Inventory models involving lead time as a decision variable», *Journal of the Operational Research Society*, **45**(5), págs. 579–582.
- BIBLIOGRAF, S. A. (2011), *Diccionario Vox ilustrado latino: latino español - español latino*, décimo quinta edición, Spes Editorial.
- BIRGIN, E. G., J. M. MARTINEZ y D. P. RONCONI (2005), «Optimizing the packing of cylinders into a rectangular container: a nonlinear approach», *European Journal of Operational Research*, **160**(1), págs. 19–33.
- BISCHOFF, E. E. y M. S. W. RATCLIFF (1995), «Issues in the development of approaches to container loading», *Omega*, **23**(4), págs. 377–390.
- BLUM, C. y A. ROLI (2003), «Metaheuristics in combinatorial optimization: overview and conceptual comparison», *ACM computing surveys (CSUR)*, **35**(3), págs. 268–308.
- BORTFELDT, A. y H. GEHRING (2001), «A hybrid genetic algorithm for the container loading problem», *European Journal of Operational Research*, **131**(1), págs. 143–161.
- BROWN, R. G. (1982), «Advanced service parts inventory control», *Materials management systems Inc.*
- BULIŃSKI, J., C. WASZKIEWICZ y P. BURACZEWSKI (2013), «Utilization of ABC/XYZ analysis in stock planning in the enterprise», *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture*, **61**, págs. 89–96.
- CAINTRA (2015), «Foro de ley de caminos, puentes y autotransporte federal - Senado de la República», en *Interés en el transporte*, págs. 1–23.
- CHOŁODOWICZ, E. y P. ORŁOWSKI (2015), «A periodic inventory control system with adaptive reference stock level for long supply delay», *Measurement Automation Monitoring*, **61**(12), págs. 568–572.
- CHRISTOPHER, M. (1999), *Logistics and Supply Chain Management: strategies for reducing cost and improving services*, segunda edición, Financial Times.

- CHRISTOPHER, M. (2016), *Logistics and supply chain management*, quinta edición, Pearson UK.
- CLEVERT, D. A., M. STICKEL, E. M. JUNG, M. REISER y N. RUPP (2007), «Cost analysis in interventional radiology— a tool to optimize management costs», *European journal of radiology*, **61**(1), págs. 144–149.
- CUNQUERO, R. M. (2003), «Algoritmos heurísticos en optimización combinatoria», *Universidad de Valencia, Facultad de Ciencias Matemáticas*.
- CYPLIK, P., D. GŁOWACKA-FERTSCH y M. FERTSCH (2008), *Logistyka przedsiębiorstw dystrybucyjnych*, primera edición, Wyższa Szkoła Logistyki.
- DE FELICE, F., D. FALCONE, A. FORCINA, A. PETRILLO y A. SILVESTRI (2014), «Inventory management using both quantitative and qualitative criteria in manufacturing system», *IFAC Proceedings Volumes*, **47**(3), págs. 8048–8053.
- DEVARAJAN, D. y M. S. JAYAMOHAN (2016), «Stock control in a chemical firm: combined FSN and XYZ analysis», *Procedia Technology*, **24**, págs. 562–567.
- DEVORE, J. L. (2015), *Probabilidad y estadística para ingenierías y ciencias*, octava edición, Cengage Learning Editores.
- DICKIE, H. F. (1951), «ABC inventory analysis shoots for dollars, not pennies», *Factory Management and Maintenance*, **109**(7), págs. 92–94.
- DYCKHOFF, H. (1990), «A typology of cutting and packing problems.», *European Journal of Operational Research*, **44**(2), págs. 145–159.
- ELEY, M. (2002), «Solving container loading problems by block arrangement», *European Journal of Operational Research*, **141**(2), págs. 393–409.
- ERRASTI, A., C. CHACKELSON y R. POLER (2010), «An expert system for inventory replenishment optimization», en *Balanced automation systems for future manufacturing networks*, Springer, págs. 129–136.
- FLORES, B. E. y W. D. CLAY (1986), «Multiple criteria ABC analysis», *International Journal of Operations and Production Management*, **6**(3), págs. 38–46.

- FOTOPOULOS, S., M. C. WANG y S. S. RAO (1988), «Safety stock determination with correlated demands and arbitrary lead times», *European Journal of Operational Research*, **35**(2), págs. 172–181.
- GARMENDIA, F. y J. R. SERNA (2007), *El nuevo sistema de información de marketing*, primera edición, ESIC.
- GEHRING, H. y A. BORTFELDT (1997), «A genetic algorithm for solving the container loading problem», *International Transactions in Operational Research*, **4**(5-6), págs. 401–418.
- GEORGE, J. A. y D. F. ROBINSON (1980), «A heuristic for packing boxes into a container», *Computers and Operations Research*, **7**(3), págs. 147–156.
- GONZÁLEZ VELARDE, J. L. y R. Z. RÍOS MERCADO (1999), «Investigación de operaciones en acción: Aplicación del TSP en problemas de manufactura y logística», *Ingenierías*, **2**(4), págs. 18–23.
- GORGAS, J., N. C. LÓPEZ y J. ZAMORANO (2011), *Estadística básica para estudiantes de ciencias*, primera edición, Universidad Complutense de Madrid.
- HARIGA, M. y M. BEN-DAYA (1999), «Some stochastic inventory models with deterministic variable lead time», *European Journal of Operational Research*, **113**(1), págs. 42–51.
- HEIZER, J., B. RENDER y M. C. (2017), *Sustainability and supply chain management*, doceava edición, Pearson Education Limited.
- INEGI (2013), «Estadísticas a propósito de ... la Industria automotriz», *Informe técnico*, Instituto Nacional de Geografía y Estadística.
- INEGI (2016a), «Balanza Comercial de Mercancías de México», *Informe técnico*, Instituto Nacional de Geografía y Estadística.
- INEGI (2016b), «Estadísticas detalladas sobre las micros, pequeñas y medianas empresas del país», *Informe técnico*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI (2017), «Estadísticas parque vehicular», *Informe técnico*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

- JURAN, J. M. (1975), «The non-Pareto principle; mea culpa», *Quality Progress*, **8**(5), págs. 8–9.
- KESKIN, S. (2006), «Comparison of several univariate normality tests regarding type I error rate and power of the test in simulation based small samples», *Journal of Applied Science Research*, **2**(5), págs. 296–300.
- KHALILPOURAZARI, S. y S. H. R. PASANDIDEH (2017), «Multi-item EOQ model with non-linear unit holding cost and partial backordering: moth-flame optimization algorithm», *Journal of Industrial and Production Engineering*, **34**(1), págs. 42–51.
- KOLIŃSKA, K. y M. CUDZIŁO (2016), «Analysis and optimisation of inventory in enterprises», *Research in Logistics and Production*, **6**, págs. 61–75.
- LAHDELMA, R., K. MIETTINEN y P. SALMINEN (2003), «Ordinal criteria in stochastic multicriteria acceptability analysis (SMAA)», *European Journal of Operational Research*, **147**(1), págs. 117–127.
- LEVIN, R. I. y D. RUBIN (2011), *Estadística para administración y economía*, séptima edición, Pearson Education.
- LIU, J., X. LIAO, W. ZHAO y N. YANG (2016), «A classification approach based on the outranking model for multiple criteria ABC analysis», *Omega*, **61**, págs. 19–34.
- LIU, N. C. y L. C. CHEN (1981), «A new algorithm for container loading», en *Proceedings of Compsac*, tomo 81, págs. 292–299.
- MAN-YI, T. y T. XIAO-WO (2006), «The further study of safety stock under uncertain environment», *Fuzzy Optimization and Decision Making*, **5**(2), págs. 193–202.
- MATA, M. (2016), «Teoría de inventarios», Apuntes de la clase de Inventarios de la Maestría en Logística y Cadena de Suministro de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- MENDES, M. y A. PALA (2003), «Type I error rate and power of three normality tests», *Pakistan Journal of Information and Technology*, **2**(2), págs. 135–139.
- MONTES, J. (2009), *Rediseño del proceso de aprovisionamiento de una empresa de alimentación*, Tesis de Maestría, Universidad Carlos III de Madrid.

- MOURA, A. y J. F. OLIVEIRA (2005), «A GRASP approach to the container-loading problem», *IEEE Intelligent Systems*, **20**(4), págs. 50–57.
- NAHMIA, S. y T. L. OLSEN (2015), *Production and operations analysis*, séptima edición, Mc Graw Hill.
- NISHIZAKI, B. (2016), «Errores administrativos más comunes del emprendedor», *Informe técnico*, Instituto Nacional del Emprendedor.
- PANDYA, B. y H. THAKKAR (2016), «A Review on inventory management control techniques: ABC-XYZ analysis», *Journal on emerging trends in modelling and manufacturing*, **2**(3), págs. 82–86.
- PEDROSA, I., J. JUARROS-BASTERRETXEA, A. ROBLES-FERNÁNDEZ, J. BASTEIRO y E. GARCÍA-CUETO (2015), «Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar?», *Universitas Psychologica*, **14**(1), págs. 245–254.
- PEKARČÍKOVÁ, M., P. TREBUŇA y M. FIL’O (2014), «Methodology for classification of material items by analysis ABC/XYZ and the creation of the material portfolio», *Applied mechanics and materials*, **611**, págs. 358–365.
- PETERS, E. D. (2016), *La relación México-China. Desempeño y propuestas para 2016-2018*, primera edición edición, Unión de Universidades de América Latina y el Caribe.
- PISINGER, D. (2002), «Heuristics for the container loading problem», *European Journal of Operational Research*, **141**(2), págs. 382–392.
- RAMANATHAN, R. (2006), «ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization», *Computers and Operations Research*, **33**(3), págs. 695–700.
- RASHIDI, H. y E. P. TSANG (2013), «Novel constraints satisfaction models for optimization problems in container terminals», *Applied Mathematical Modelling*, **37**(6), págs. 3601–3634.
- RAZALI, N. M. y Y. B. WAH (2011), «Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests», *Journal of statistical modeling and analytics*, **2**(1), págs. 21–33.

- REN, J., Y. TIAN y T. SAWARAGI (2011), «A tree search method for the container loading problem with shipment priority», *European Journal of Operational Research*, **214**(3), págs. 526–535.
- SÁNCHEZ, M. (2000), «Optimización combinatoria», *Números*, **2012**(43), págs. 115–120.
- SANI, B. y B. G. KINGSMAN (1997), «Selecting the best periodic inventory control and demand forecasting methods for low demand items», *Journal of the Operational Research Society*, **48**(7), págs. 700–713.
- SCHMIDT, C. (2015), *Multiple supplier / delivery inventory models*, Tesis de Maestría, Umea University.
- SCHMIDT, M., W. HARTMANN y P. NYHUIS (2012), «Simulation based comparison of safety-stock calculation methods», *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, **61**(1), págs. 403–406.
- SCHOLZ-REITER, B., J. HEGER, C. MEINECKE y J. BERGMANN (2012), «Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company», *International Journal of Productivity and Performance Management*, **61**(4), págs. 445–451.
- SCHÖNSLEBEN, P. (2016), *Integral logistics management: planning and control of comprehensive supply chains*, quinta edición, CRC Press.
- SE (2015), «La industria automotriz mexicana: situación actual, retos y oportunidades», *Informe técnico*, Secretaría de Economía.
- SHAPIRO, S. S. y M. B. WILK (1965), «An analysis of variance test for normality», *Biometrika*, **52**(3/4), págs. 591–611.
- SKOURI, K., I. KONSTANTARAS, A. G. LAGODIMOS y S. PAPACHRISTOS (2014), «An EOQ model with backorders and rejection of defective supply batches», *International Journal of Production Economics*, **155**, págs. 148–154.
- SMIRNOV, N. V. (1936), «Sur la Distribution de W^2 », *CR Acad. Sci. Paris*, **202**(S 449).

- SUNDARA RAJAN, R. y R. UTHAYAKUMAR (2017), «Analysis and optimization of an EOQ inventory model with promotional efforts and back ordering under delay in payments», *Journal of Management Analytics*, **4**(2), págs. 159–181.
- SYNTETOS, A. A., J. E. BOYLAN y J. D. CROSTON (2005), «On the categorization of demand patterns», *Journal of the Operational Research Society*, **56**(5), págs. 495–503.
- TAHA, H. A. (2012), *Investigación de operaciones*, novena edición, Pearson Educación.
- TEUNTER, R. H., M. Z. BABAI y A. A. SYNTETOS (2010), «ABC classification: service levels and inventory costs», *Production and Operations Management*, **19**(3), págs. 343–352.
- VIDAL, C. J. (2017), *Fundamentos de control y gestión de inventarios*, primera digital edición, Universidad del Valle.
- VIDAL, C. J., J. C. LONDOÑO y F. CONTRERAS (2004), «Aplicación de modelos de inventarios en una cadena de abastecimiento de productos de consumo masivo con una bodega y n puntos de venta.», *Ingeniería y Competitividad*, **6**(1), págs. 35–52.
- WÄSCHER, G., H. HAUSSNER y H. SCHUMANN (2007), «An improved typology of cutting and packing problems», *European Journal of Operational Research*, **183**(3), págs. 1109–1130.
- WILD, T. (2017), *Best practice in inventory management*, tercera edición, Routledge.
- YANG, J. S. y J. C. PAN (2004), «Just-in-time purchasing: an integrated inventory model involving deterministic variable lead time and quality improvement investment», *International Journal of Production Research*, **42**(5), págs. 853–863.
- YAP, B. W. y C. H. SIM (2011), «Comparisons of various types of normality tests», *Journal of Statistical Computation and Simulation*, **81**(12), págs. 2141–2155.
- ZHU, Y., Q. A. WANG, W. LI y X. CAI (2016), «An analytic method for sensitivity analysis of complex systems», *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, **469**, págs. 52–59.

- ZINN, W. y J. M. CHARNES (2005), «A comparison of the economic order quantity and quick response inventory replenishment methods», *Journal of Business Logistics*, **26**(2), págs. 119–141.
- ZITZLER, E. y L. THIELE (1999), «Multiobjective evolutionary algorithms: a comparative case study and the strength Pareto approach», *IEEE transactions on Evolutionary Computation*, **3**(4), págs. 257–271.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Nancy Yoana Amador Molina

Candidato para obtener el grado de
Maestría en Logística y Cadena de Suministro

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

HERRAMIENTA PARA EL ABASTECIMIENTO EFICIENTE DE
PRODUCTOS CON TIEMPO DE ESPERA LARGO MEDIANTE UN
MONITOREO PERIÓDICO DE VENTAS

Nacida el 29 de Julio de 1991 en Victoria de Durango. Hija de los maestros en educación Octavio Amador Rueda y Juana Molina Aragón. Culminé mis estudios de Licenciatura en Ingeniería Eléctrica en el Instituto Tecnológico de Durango el invierno del 2013.